

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 27.04.04 - Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ) Автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка системы управления манипулятором на основании информации датчика Kinect

УДК 681.51:621.865:004.94

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гун Цзяи		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	К.Т.Н		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е. И.	К.Т.Н		
Руководитель ОАР	Леонов С. В.	К.Т.Н		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	профессиональные
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность): 27.04.04-Управление в технических системах

Отделение школы (НОЦ): Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8AM71	Гун Цзяи

Тема работы:

Разработка системы управления манипулятором на основании информации датчика Kinect

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№1160/с от 14.02.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<ul style="list-style-type: none"> - контроллер Arduino UNO; - манипулятор «механическая рука»; - датчик Kinect; - программные среды Visual Studio 2017 и Ariduno IDE.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение датчика Kinect. 2. Разработку алгоритмов управления. 3. Программирование контроллера.

работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).		
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Презентация в формате *. pptx, 14 слайдов Слайд 1 – Тема ВКР. Слайд 2 – Актуальность исследования. Слайд 3 – Цели и задачи исследования. Слайд 4 – Структурная схема системы управления манипулятора. Слайд 5 – Внешний вид датчика Kinect v2. Слайд 6 – Алгоритмы управления манипулятором на основании информации датчика Kinect. Слайд 7 – Алгоритм получения координаты тела человека. Слайд 8,9,10 – Алгоритм расчёта углов скелетного вектора и его упаковка. Слайд 11 – Алгоритм управления манипулятором по данным углов. Слайд 12 –Результат работы. Слайд 13 –Заключение.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Основная часть	Доцент ОАР, к.т.н. Курганов В. В.	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ШБИП, к.ф.н. Скаковская Н.В.	
Социальная ответственность	Ассистент, Алексеев Н. А.	
Английский язык	Доцент ОИЯ, к.п.н. Сидоренко Т.В.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
нет		
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику		26.02.2019

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Курганов Василий Васильевич	к.т.н.		26.02.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гун Цзяи		26.02.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8AM71		Гун Цзяи	
Школа	ИШИТР	Отделение школы(НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	27.04.04 управление в технических системах
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:			
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих		1. Должностной оклад научного руководителя – 163224 руб. Должностной оклад инженера – 21491 руб.	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов		2. Нормы амортизации 20%.	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования		3. Социальные отчисления – 30% от ФЗП	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)		1. Анализ конкурентных технических решений	
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР		2. Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта	
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР		3. Определение затрат на проектирование	
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)		4. Определение капиталовложений на материалы для реализации проекта	
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков		5. Определение ресурсоэффективности	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):			
1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 2. Календарный план-график проведения работ по проектированию тепловой сети 3. Матрица SWOT 4. График проведения и бюджет НТИ 5. Оценка ресурсной эффективности НТИ			
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику			

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП.	Скаковская Н.В.	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гун Цзяи		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8AM71	Гун Цзяи

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	27.04.04 Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочим местом является лабораторный стенд в помещении. Рабочей зоне является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров управления системы.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Вредные факторы: шум; электромагнитные поля; препятствие. 2) Опасные факторы: опасность возникновения пожара; опасность поражения электрическим током. 3) Негативное воздействие на окружающую среду: утилизация списанной техники и комплектующих. 4) Чрезвычайные ситуации: пожар вследствие неполадок в электропроводке;
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем - индивидуальные защитные средства). 	<p>Разработка программного приложения ведётся в помещении с уровнем освещённости в пределах нормы, согласно СНиП 23-05-95. Уровень шума в помещении в пределах нормы, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Микроклимат в помещении удовлетворяет нормам (СанПиН 2.2.4.548-96).</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) механические опасности (источники, средства защиты); 2) термические опасности (источники, средства защиты); 3) электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	<p>Основными источниками опасности являются электроприборы, которые могут вызвать как поражение электрическим током, так и пожары. Для обеспечения безопасности необходимо проводить организационные и технические мероприятия, для предотвращения таких ситуаций. Необходимо следовать технике безопасности, обращаясь с электрическими приборами (согласно ГОСТ 12.1.019-79).</p>

4) пожар взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; - разработка решений по обеспечению экологической безопасности
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: 1) перечень возможных ЧС на объекте; 2) выбор наиболее типичной ЧС; 3) разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 4) разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; 5) разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Разработан план эвакуации при ЧС, в помещении имеется план эвакуации, а также имеются 2 огнетушителя ОУ-2.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Алексеев Н. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гун Цзяи		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность): 27.04.04-Управление в технических системах

Уровень образования – магистратура

Отделение школы (НОЦ): Автоматизации и робототехники

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.19	Основная часть	70
30.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.19	Социальная ответственность	10
30.05.19	Обязательное приложение на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е. И.	К.Т.Н		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 93 страницы 25 рисунков, 12 таблиц, 14 источников, 3 приложение.

Ключевые слова: манипулятор, микроконтроллер Arduino, датчик Kinect, информация движения человека, пространственные координаты, серводвигатель, ШИМ.

Объектом исследования является манипулятор "механическая рука"

Цель работы – разработать систему управления манипулятором на основании информации датчика Kinect.

В ходе исследования был изучен состав, принципы и органы управления манипулятором. Для исследования основания информации был изучен состав и принципы работы датчика Kinect, и для исследования движения манипулятора используется микроконтроллер Arduino UNO.

В результате исследования разработан алгоритм управления манипулятором на основании информации датчика Kinect. Программа, реализующая разработанный алгоритм, обеспечивает обмен данными между микроконтроллером и датчиком Kinect, расчет углов для серводвигателей и формирование сигналов ШИМ. Проведены физические эксперименты по управлению манипулятором.

Степень внедрения: результаты, полученные в ходе работе, были внедрены на реальном объекте.

Областью применения разработанных алгоритмов являются различные робототехнические комплексы.

Экономическая эффективность и значимость работы, себестоимость исследуемой системы представлена в главе финансовый менеджмент,

ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Выявлены основные опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть в процессе работы. В главе «Социальная ответственность» разработаны меры по снижению воздействий системы на экологию.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

Обозначения и сокращения

ПК – Персональный компьютер

ШИМ – Широтно-импульсная модуляция

USB – Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ	16
1.1 Описание конструкции и элементов манипулятора.....	16
1.1.1 Внешний вид	17
1.1.2 Количество степеней свободы.....	18
1.2 Описание микроконтроллер Arduino	21
1.3 Описание датчика Kinect.....	22
2. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ НА ОСНОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ ДАТЧИКА KINECT	24
2.1 Получение координаты тела человека	24
2.2 Расчёт углов скелетного вектора и его упаковка.....	27
2.3 Управление манипулятором по данным углов	33
2.4 Описание программы	34
3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
CONCLUSION	39
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕЖЕНИЕ	40
4.1 Анализ конкурентных технических решений	40
4.2 SWOT-анализ	41
4.3 Календарный план работ и оценка времени их выполнения	44
4.4 Бюджет затрат на проектирование.....	47
4.4.1 Материальные затраты	47
4.4.2 Амортизация компьютерной техники.....	48
4.4.3 Затраты на заработную плату	48

4.4.4 Затраты на социальные нужды.....	49
4.4.5 Прочие затраты	49
4.4.6 Накладные расходы	50
4.5 Определение капиталовложений на материалы для реализации проекта.....	50
4.6 Ресурсоэффективность	51
4.7 вывод	52
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	54
Введение	54
5.1 Производственная безопасность.....	56
5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	56
5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	63
5.2 Экологическая безопасность.....	66
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ В	81

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается очередная волна интереса к робототехнике, различным андроидам (человекоподобным роботам) и манипуляторам. Интерес к андроидам основан на идее создания себе подобных и, хотя на практике очень сложен, ориентирован на интеграцию искусственного интеллекта в социальную среду человека, очень популярен у многих разработчиков.

Манипуляторы, в отличие от антропидов, это различные роботизированные устройства, имеющие самую различную форму и конструкцию, позволяющие решать широкий спектр задач. В современном мире манипуляторы широко используются в таких областях как: военная, аэрокосмическая, медицина, машиностроение и т.д. Они постепенно замещают человеческий труд при работе в опасных средах (зонах), в отделочных работах, в крупномасштабных перерабатывающих и обрабатывающих производствах, при разминировании зарядов, в сварочных работах и т.д. Манипуляторы, благодаря своим характеристикам и отсутствию субъективных факторов (человека), выполняют эти работы с высоким уровнем безопасности, обеспечивают высокую стабильность и повторяемость результатов, высокое качество работы.

С ростом возможностей и потребностей применения манипуляторов, развиваются и способы управления ими. Причем это более сложный и трудоёмкий процесс. Одним из способов управления манипулятором является прямое управление манипулятором без помощи оператора. В этом случае манипулятор копирует действия кого-либо, например, человека. Именно вопросы прямого управления манипулятором рассмотрены в настоящей работе.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка системы прямого управления манипулятором на основании информации датчика Kinect, иными словами, разработка алгоритмов управления манипулятором на основе данных движения человеческого тела.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- получение трехмерных координат суставов верхней конечности (плечо, локоть, запястье и глава) с помощью датчика Kinect;
- соединение координаты для создания вектора остова;
- расчёт углов сопряжение двух соседних векторов;
- упаковка данных и их передача в контроллер для управления манипулятором.

1. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ

Система управления состоит из следующих четырех частей:

- манипулятора;
- микроконтроллера Arduino;
- датчика Kinect;
- персонального компьютера.

На рисунке 1.1 представлена структурная схема системы управления манипулятором.

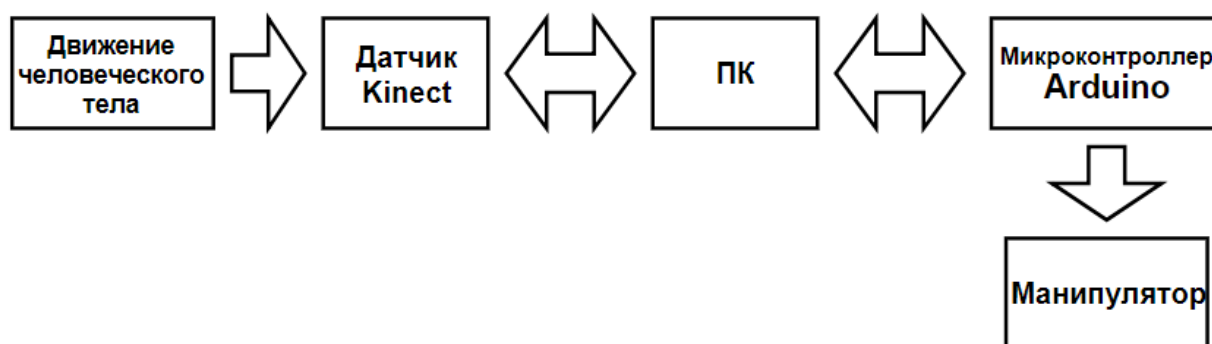


Рисунок 1.1 – Структурная схема системы управления манипулятором

Роль персонального компьютера в процессе управления является обработка и передача данных.

1.1 Описание конструкции и элементов манипулятора

В состав манипулятора входят:

- платформа и конструктивные элементы корпуса;
- шесть серводвигателей, установленные в местах сочленения элементов;
- микроконтроллер Arduino;

- персональный компьютер, связанный с контроллером Arduino через USB-кабель.

1.1.1 Внешний вид

Внешний вид манипулятора «механическая рука» представлен на рисунке

1.1.1.1 Манипулятор представляет собой платформу, на которой размещены сочленённые звенья конструкции.

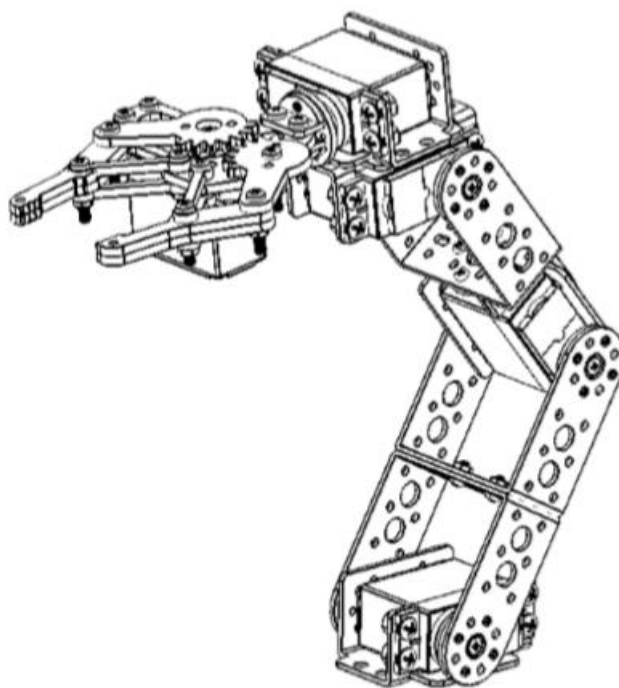


Рисунок 1.1.1.1 – Внешний вид части руки манипулятора

Внешний вид части платформы манипулятора «механическая рука» представлен на рисунке 1.1.1.2 Платформа крепится к столу, или какой-либо инерционной массе так, чтобы обеспечить его устойчивость при перемещении остальных компонентов манипулятора. На платформе размещено основание манипулятора, которое с помощью серводвигателя имеет возможность поворота относительно платформы на угол 180 градусов.

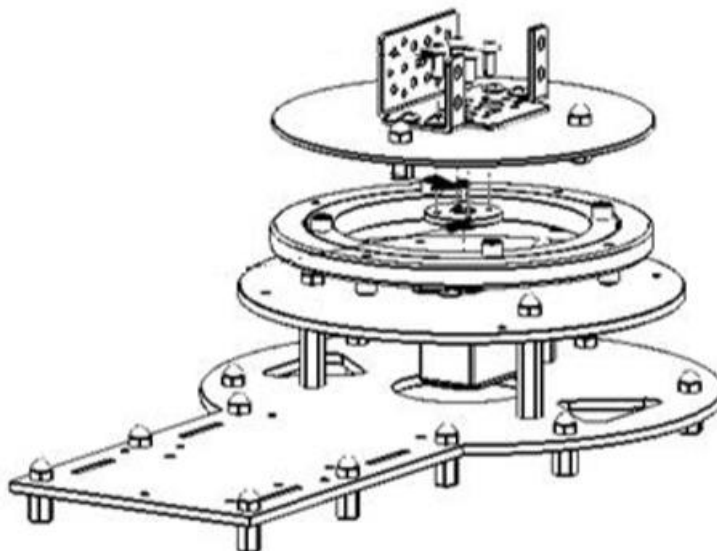


Рисунок 1.1.1.2 – Внешний вид части платформы манипулятора

В конструкции руки, состоящей из металлического каркаса, размещены пять серводвигателей, в платформе - серводвигатель, микроконтроллер Arduino и блок питания. Блок питания снабжает напряжением 5 В все шесть серводвигателей, которые обеспечивают подвижность манипулятора.

1.1.2 Количество степеней свободы

Количество степеней свободы манипулятора — совокупность независимых координат (вращения, перемещения), которые полностью определяют положение манипулятора в пространстве в любой момент времени.

Количество степеней свободы определяет функциональные возможности манипулятора. Перемещение манипулятора в пространстве вдоль любой из координат которая определяет степень свободы, обеспечивается серводвигателями, которые установлены в местах сочленения манипулятора.

В настоящей работе установлено следующее соответствие между углами поворота элементов человеческого тела (плечи, локти, шея) и серводвигателями, которые реализуют заданную функцию у манипулятора (см.

рисунок 1.1.2.1):

- левое плечо - двигатель y_0 ;
- правое плечо - двигатель y_1 ;
- левый локоть - двигатель y_2 ;
- правый локоть - двигатель y_3 ;
- наклон головы - двигатель y_4 (управление захватом).

Это означает, что реализуемый алгоритм не повторяет движение тела, а использует их для решения своих задач.

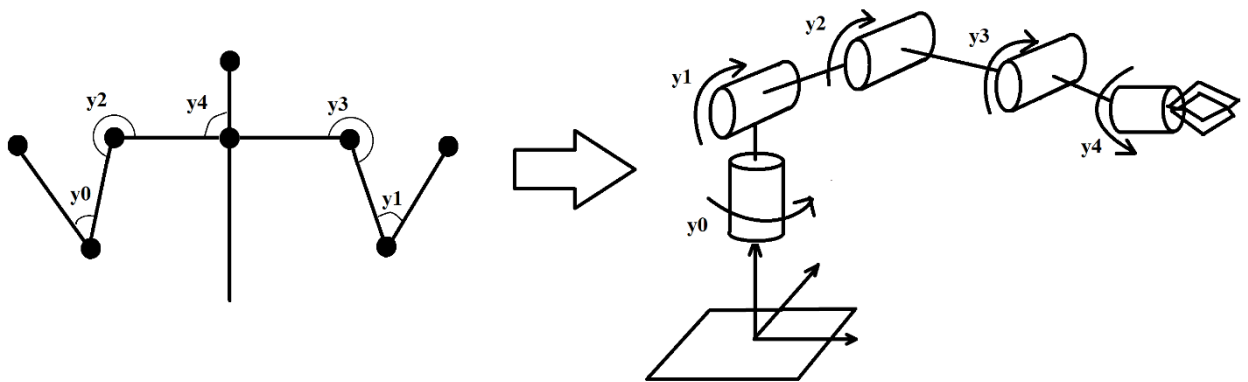


Рисунок 1.1.2.1 – Соответствующее соотношение между телом человека и манипулятором

На рисунке 1.1.2.2 приведены основные рычаги манипулятора, которые обеспечивают его перемещение (вдоль y_0 , y_1 , y_2 , y_3 , y_4 , см. рисунок 1.1.2.1). Для обеспечения возможности перемещения вдоль этих координат используются пять серводвигателей.

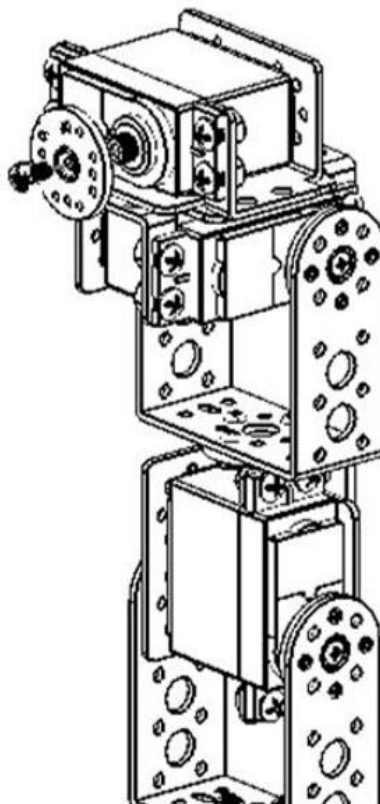


Рисунок 1.1.2.2 – Основные рычаги манипулятора

Ещё один серводвигатель используется для перемещения захвата. Захват обеспечивает надёжную фиксацию предмета при его переносе. Конструкция захвата представлена на рисунке 1.1.2.3.

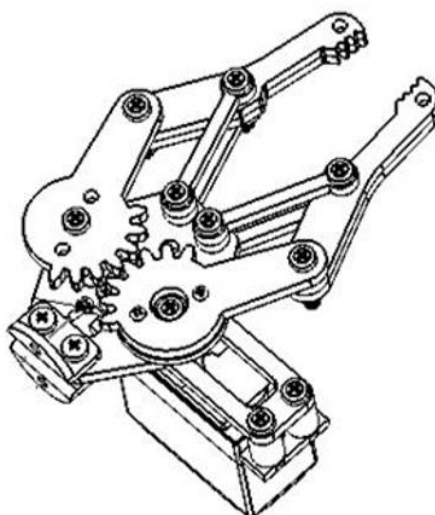


Рисунок 1.1.2.3 – Конструкция захвата

1.2 Описание микроконтроллер Arduino

Arduino - широко распространённая торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники.

В настоящей работе используется модель контроллера Arduino UNO R3, выполненная на базе микроконтроллера ATmega328. Внешний вид контроллера приведён на рисунке 1.2.1



Рисунок 1.2.1 – Внешний вид контроллера Arduino UNO R3 на базе микроконтроллера ATmega328

Выбор конкретной модели контроллера выполнен на основании анализа решаемых задач, доступности, стоимости, простоты освоения и других критериев, по которым Arduino UNO значительно превосходит другие варианты

Программная часть Arduino UNO состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры.

Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними

производителями.

Технические характеристики контроллера Arduino UNO R3:

- 14 цифровых портов входа-выхода (6 из них поддерживают режим ШИМ модуляции);
- 6 аналоговых входов;
- частота тактирования 16 МГц;
- USB порт;
- разъем питания;
- разъем внутрисхемного программирования;
- кнопка сброса.

1.3 Описание датчика Kinect

Датчик Kinect это мощный бесконтактный игровой контроллер, разработанный и представленный компанией Microsoft в 2009 году специально для консоли Xbox 360. Позднее Kinect был адаптированный для консоли Xbox One и PC под управлением ОС Windows. Благодаря Kinect появилась уникальная возможность взаимодействия с приставкой Xbox 360 без контактных игровых устройств: джойстиков, клавиатур и т. д.[13]

Внешний фронтальный вид датчика Kinect приведён на рисунке 1.3.1, размеры — датчика примерно 24,9 см в длину и 6,9 см в высоту.

Датчик Kinect состоит из следующих частей:

- инфракрасного излучателя;
- инфракрасного приёмника;
- цветной камеры (RGB датчика);
- микрофонной решётки.

Принцип действия датчика основан на облучении движущегося объекта инфракрасными лучами и преобразования отраженных лучей в расстояние от сенсора до объекта, для этого используются два сенсора глубины в совокупности с цветной видеокамерой.

Микрофонная решётка, состоящая из четырёх встроенных микрофонов, позволяет Xbox 360 определить местоположение источника звука и направление звуковых волн. Встроенный обработчик звукового сигнала подавляет эхо и уменьшает шум.



Рисунок 1.3.1 – Внешний вид датчика Kinect v2

Для работы с Kinect необходим официальный стартовый набор инструментов Kinect for Windows SDK (комплект для разработки программного обеспечения).

Дополнительно для работы с Kinect в настоящей работе используется интегрированная среда разработки программного обеспечения Visual Studio 2017, язык программирования C++.

2. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ НА ОСНОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ ДАТЧИКА KINECT

Алгоритм управления манипулятором, основанный на повторении движений человеческого тела (бесконтактное управление) можно разделить в 3 части:

- получение координат тела человека;
- расчёт углов скелетного вектора и его упаковка;
- управление манипулятором на основании информации датчика Kinect.

2.1 Получение координаты тела человека

Алгоритм, используемый, для получения координат тела человека работает следующим образом.

1. Для поиска контура человека в изображении необходимо получить краевые точки или точки края. Точки края это такие точки, в которых происходит резкое изменение глубины изображения. Например, точка а находится справа, точка с – слева, точка b – посередине, эти три точки смежные, значение глубины точки а – 15, значение глубины точки b – 14 и глубины точки с – 28, из чего делается вывод о том, что точки b есть точка края.

2. Соединение найденных граничных точек позволяет получить некоторый контур изображения.

3. Анализ значений глубины изображений этих контуров, даёт возможность распознать выпуклые и вогнутые контуры.

4. После определения контур человека, он делится на несколько частей по пиксельным направлениям, выбираются центры тяжести каждой части и определяются координаты суставов.

Схема алгоритма приведена на рисунке 2.1.1.

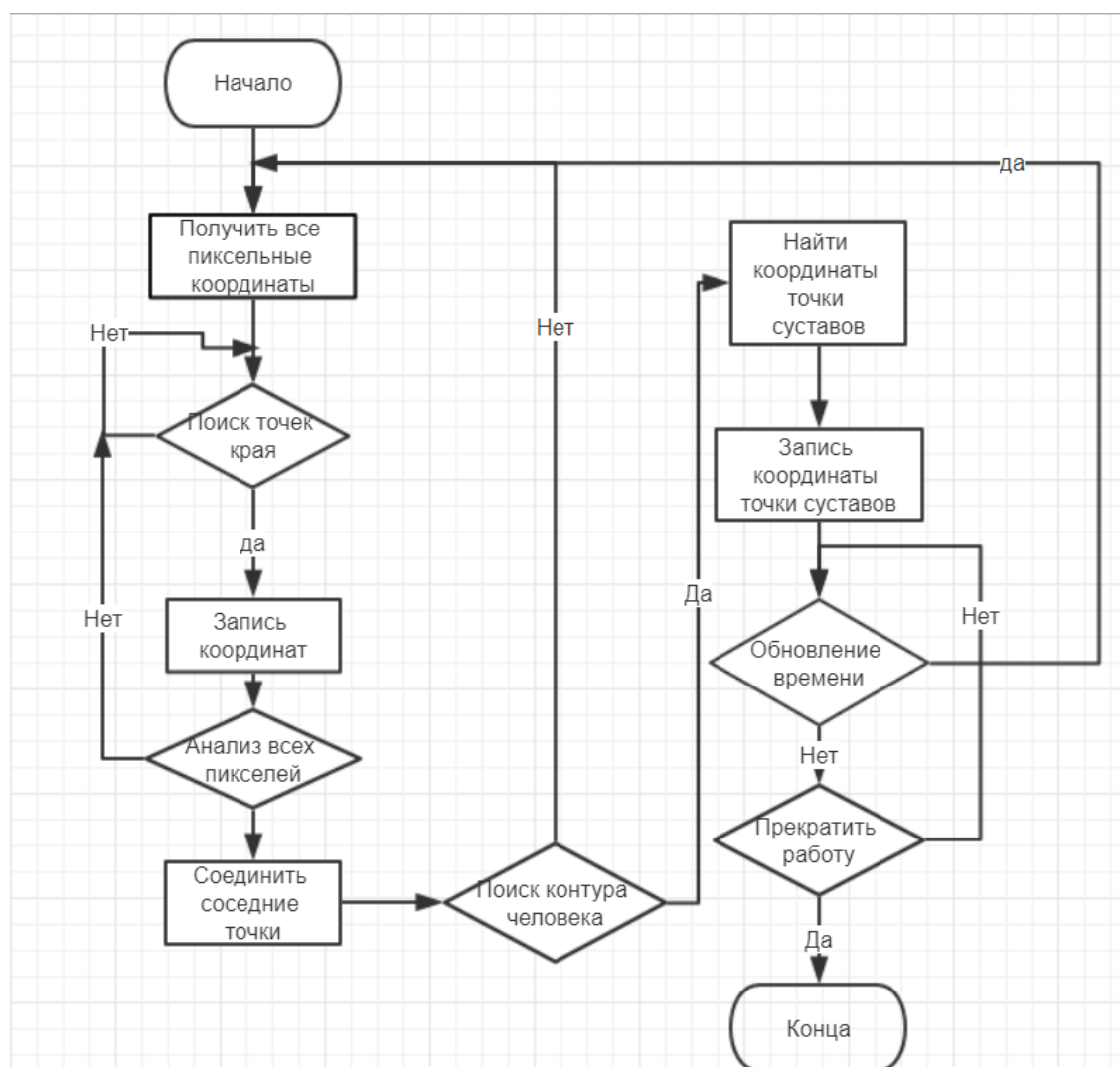


Рисунок 2.1.1 – Схема алгоритма для получения координат суставов тела человека

Алгоритм всегда достигает цели, но полученными результатами не всегда можно воспользоваться. Это связано с наличием в результатах измерения шумов, которые могут быть соизмеримы с полезным сигналом. Для решения возникшей проблемы используется алгоритм HOG из библиотеки алгоритмов OpenCV.

Алгоритм HOG (гистограмма направленных градиентов, англ. Histogram of Oriented Gradients) — алгоритм, основанный на использовании дескрипторов особых точек, используемых в компьютерном зрении и обработке изображений при распознавании объектов. Данная техника основана на подсчете количества

направлений градиента в локальных областях изображения. Этот метод похож на гистограммы направления края, дескрипторы SIFT и контексты формы, но отличается тем, что вычисляется на плотной сетке равномерно распределенных ячеек и использует нормализацию перекрывающегося локального контраста для увеличения точности [14].

Основной идеей алгоритма HOG является следующее допущение.

Внешний вид и форма объекта на участке изображения могут быть описаны распределением градиентов интенсивности или направлением краев. Нахождение дескрипторов, в соответствии с алгоритмом, может быть произведено путём разделения изображения на маленькие связные области, именуемые ячейками, и расчетом для каждой ячейки гистограммы направлений градиентов или направлений краев для пикселей, находящихся внутри ячейки. Комбинация этих гистограмм и является дескриптором. Для увеличения точности локальные гистограммы подвергаются нормализации по контрасту.

Для этого на большем фрагменте изображения, который называется блоком, вычисляется мера интенсивности и полученное значение используется для нормализации. Нормализованные дескрипторы обладают лучшей инвариантностью по отношению к освещению.

Этапы работы алгоритма:

- конвертирование изображения в градациях серого;
- вычисление градиента;
- группировка направлений;
- нормализация блоков;
- SVM-классификатор.

В настоящей работе для объектов-гуманоидов используется SVM-

классификатор, существующий в библиотеке алгоритмов OpenCV.

2.2 Расчёт углов скелетного вектора и его упаковка

Расчёт углов скелетного вектора и его упаковка выполняется следующим образом.

В пространственной (трёхмерной) прямоугольной системе координат наносятся координаты суставов. Затем эти координаты соединяются в определённом порядке для получения векторов остовов (кости), по которым измеряется угол.

Схема алгоритма приведена на рисунке 2.2.1



Рисунок 2.2.1 – Схема алгоритма для расчёта углы остовов вектора и его

Для управления манипулятором рассчитать требуется в общем случае пять углов, которые, впоследствии, будут отрабатываться серводвигателями манипулятора. Соответствие между углами суставов и серводвигателями манипулятора приведено на рисунке 2.2.2.

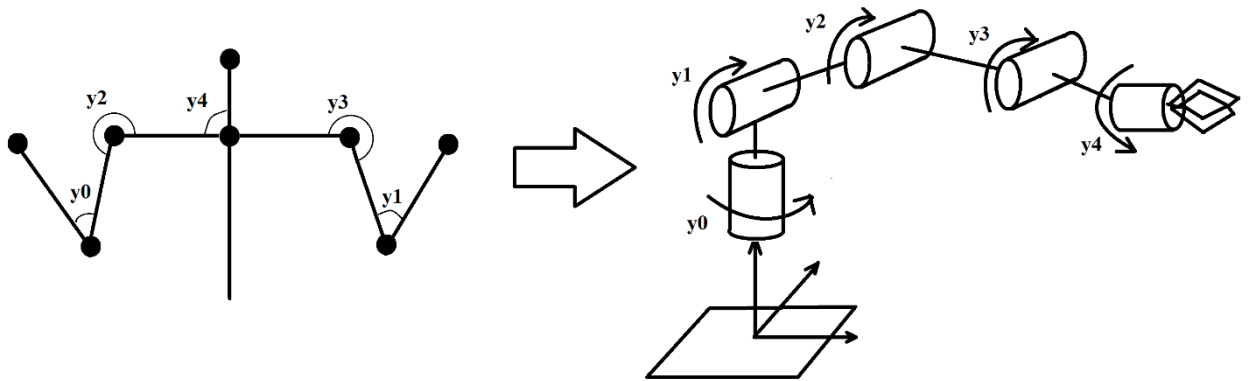


Рисунок 2.2.2 – Соответствие между углами суставов и серводвигателями манипулятора

Углы y_0 , y_1 , y_2 и y_3 предназначены для управления движением манипулятора, а угол y_4 – для захвата.

Процесс расчёта

Предварительно, перед началом расчетов устанавливается пространственная прямоугольная система координат в положительном направлении датчика Kinect. Пространственная прямоугольная система координат приведена на рисунке 2.2.3.

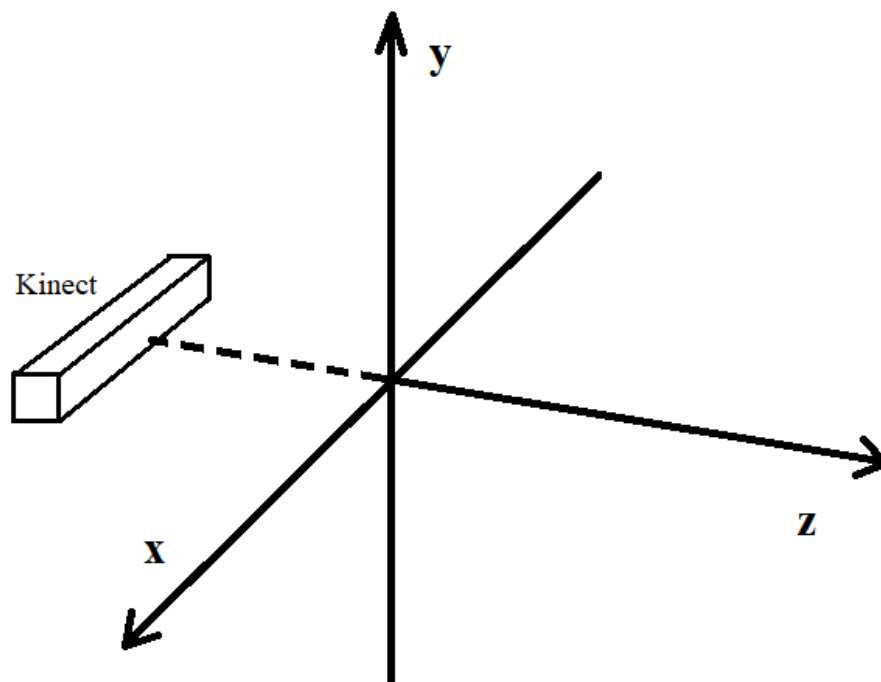


Рисунок 2.2.3 – Пространственная прямоугольная система координат в положительном направлении датчика Kinect

По координатам суставов создаётся вектор остова. Например, по координатам левого локтя $A(x_1, y_1, z_1)$ и плеча $B(x_2, y_2, z_2)$ можем получить вектор плечевой кости \overrightarrow{AB} , направление вектора зависит от требуемого угла.

Формула расчета вектора по двум координатам:

$$\overrightarrow{AB} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1) \quad (1)$$

Чтобы получить желаемый угол, необходимо установить два соседних вектора остова и получить угловое соотношение в системе координат. Процесс расчёта угла правой руки приведён на рисунке 2.2.4 и рисунке 2.2.5.

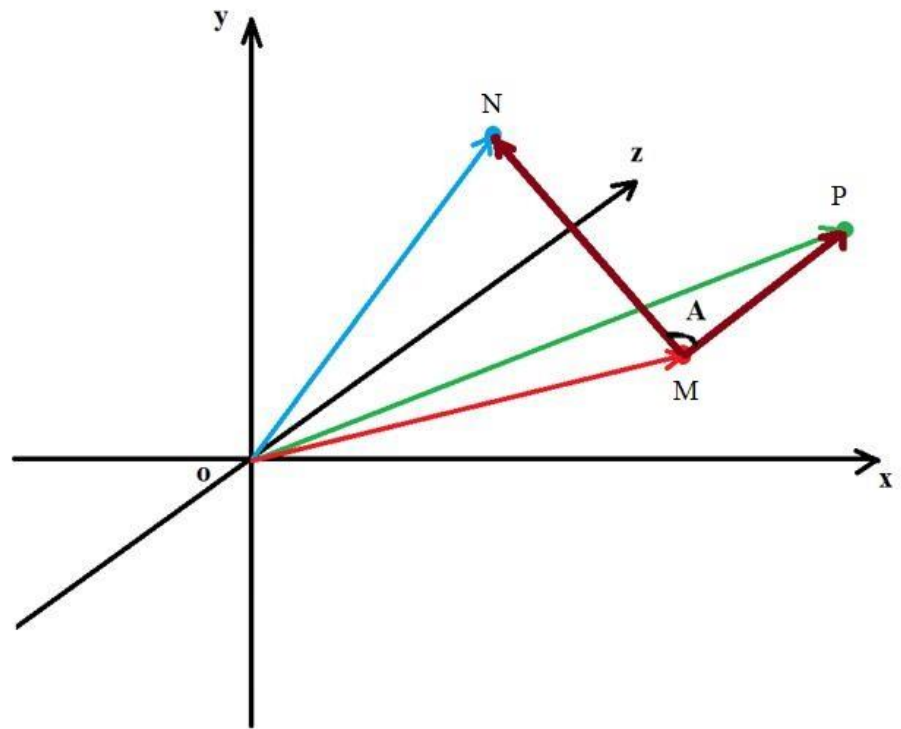


Рисунок 2.2.4 – Получение вектор остова в пространственной системе координат датчика Kinect

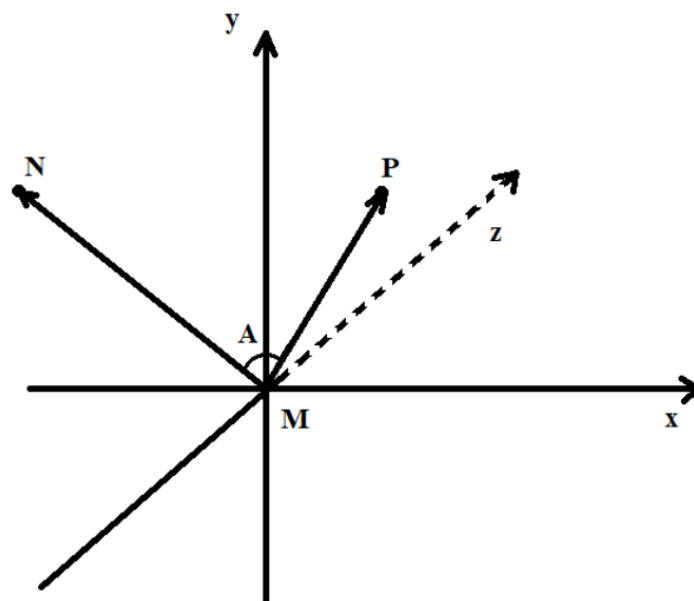


Рисунок 2.2.5 – Получение вектор остова в обычной пространственной системе координат

На рисунке 2.2.5 введены следующие обозначения:

N – координаты сустава правого плеча;

M – координаты сустава правого локтя;

P – координаты сустава правого запястья;

A – желаемый угол правой руки.

Таким образом, вектор MN – плечевая кость, MP – локтевая кость. Угол A – угол изгиба правой руки.

Процесс расчёта угла правой руки по координатам правого плеча N (x_n, y_n, z_n), правого локтя M (x_m, y_m, z_m) и запястья P (x_p, y_p, z_p) выглядит следующим образом:

$$\overrightarrow{MN} = (x_n - x_m, y_n - y_m, z_n - z_m) \quad (2)$$

$$\overrightarrow{MP} = (x_p - x_m, y_p - y_m, z_p - z_m) \quad (3)$$

Желаемый угол изгиба правой руки $A < \overrightarrow{MN}, \overrightarrow{MP} >$ вычисляется следующим образом:

$$\cos < \vec{A}, \vec{B} > = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|} \quad (4)$$

$$A < \overrightarrow{MN}, \overrightarrow{MP} > = \arccos\left(\frac{\overrightarrow{MN} \cdot \overrightarrow{MP}}{|\overrightarrow{MN}| \cdot |\overrightarrow{MP}|}\right) \quad (5)$$

$$\overrightarrow{MN} \cdot \overrightarrow{MP} = (x_n - x_m) \cdot (x_p - x_m) + (y_n - y_m) \cdot (y_p - y_m) + (z_n - z_m) \cdot (z_p - z_m) \quad (6)$$

$$|\overrightarrow{MN}| \cdot |\overrightarrow{MP}| = \sqrt{(x_n - x_m)^2 + (y_n - y_m)^2 + (z_n - z_m)^2} \cdot \sqrt{(x_p - x_m)^2 + (y_p - y_m)^2 + (z_p - z_m)^2} \quad (7)$$

Процесс перемещения захвата связан с изменением наклона головы. При расчёте угла наклона, принимается во внимание, что тело не перемещается вместе с движением руки. В связи с этим подход к решению задачи и математический метод, используемый для расчета угла перемещения захвата, отличается от предыдущего. Дополнительно в алгоритм вводятся два

нормальных вектора $n1$ и $n2$. здесь вычисли по формуле угла нормального вектора.

Метод получения вектора остова в пространственной системе координат датчика Kinect аналогичен методу приведённом на рисунке 2.2.4. На рисунке 2.2.6 приведён метод получения остова в обычной пространственной системе координат.

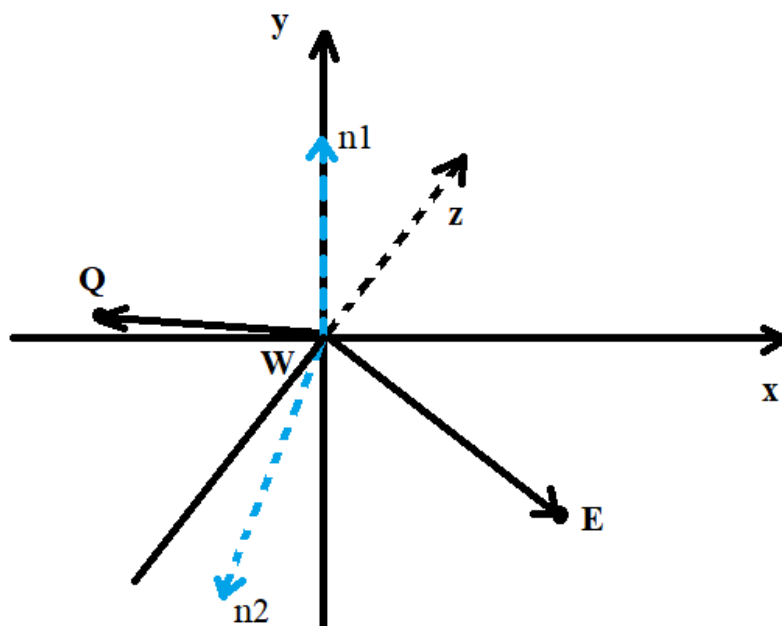


Рисунок 2.2.6 – Получение вектор остова в обычной пространственной системе координат

На рисунке 2.2.6 введены следующие обозначения:

Q – координаты шеи (наклона головы);

E – координаты сустава правого локтя;

W – координаты сустава правого плеча;

$n1$, $n2$ – нормальные векторы.

Процесс расчёта угла наклона головы по координатам шеи Q (x_n, y_n, z_n), правого плеча W (x_m, y_m, z_m) и правого локтя E (x_p, y_p, z_p) выглядит следующим образом:

$$\overrightarrow{WQ} = (x_q - x_w, y_q - y_w, z_q - z_w); \quad (8)$$

$$\overrightarrow{WE} = (x_e - x_w, y_e - y_w, z_e - z_w). \quad (9)$$

Для простоты упрощено запишем:

$$\overrightarrow{WQ} = (u1, u2, u3); \quad (10)$$

$$\overrightarrow{WE} = (v1, v2, v3). \quad (11)$$

Для нормальных векторов запишем:

$$\overrightarrow{n1} = (0, 1, 0) \quad (12)$$

$$\overrightarrow{n2} = \overrightarrow{WQ} \times \overrightarrow{WE} = (u2v3 - u3v2, u3v1 - u1v3, u1v2 - u2v1) \quad (13)$$

По формуле (4) вычислим желаемый угол наклона головы $\langle \overrightarrow{n1}, \overrightarrow{n2} \rangle$ >:

$$\langle \overrightarrow{n1}, \overrightarrow{n2} \rangle = \arccos\left(\frac{\overrightarrow{n1} \cdot \overrightarrow{n2}}{|\overrightarrow{n1}| \cdot |\overrightarrow{n2}|}\right) \quad (14)$$

Каждый из пяти углов упаковываются в группу, а затем помещаются в текстовый формат.

Результат упаковки приведён на рисунке 2.2.7.

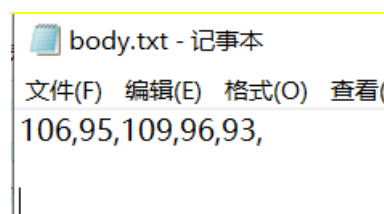


Рисунок 2.2.7 – Упакованная группа углов в текстовом формате

2.3 Управление манипулятором по данным углов

Данные об углах с определённым синтаксисом (разделенные запятыми), сохраняются в файле body.txt и по последовательной связи передаются в Arduino (для передачи используется специальный класс serial). Полученные через последовательную связь упакованные в файл body.txt углы используются для управления серводвигателями.

Схема алгоритма приведена на рисунке 2.3.1.

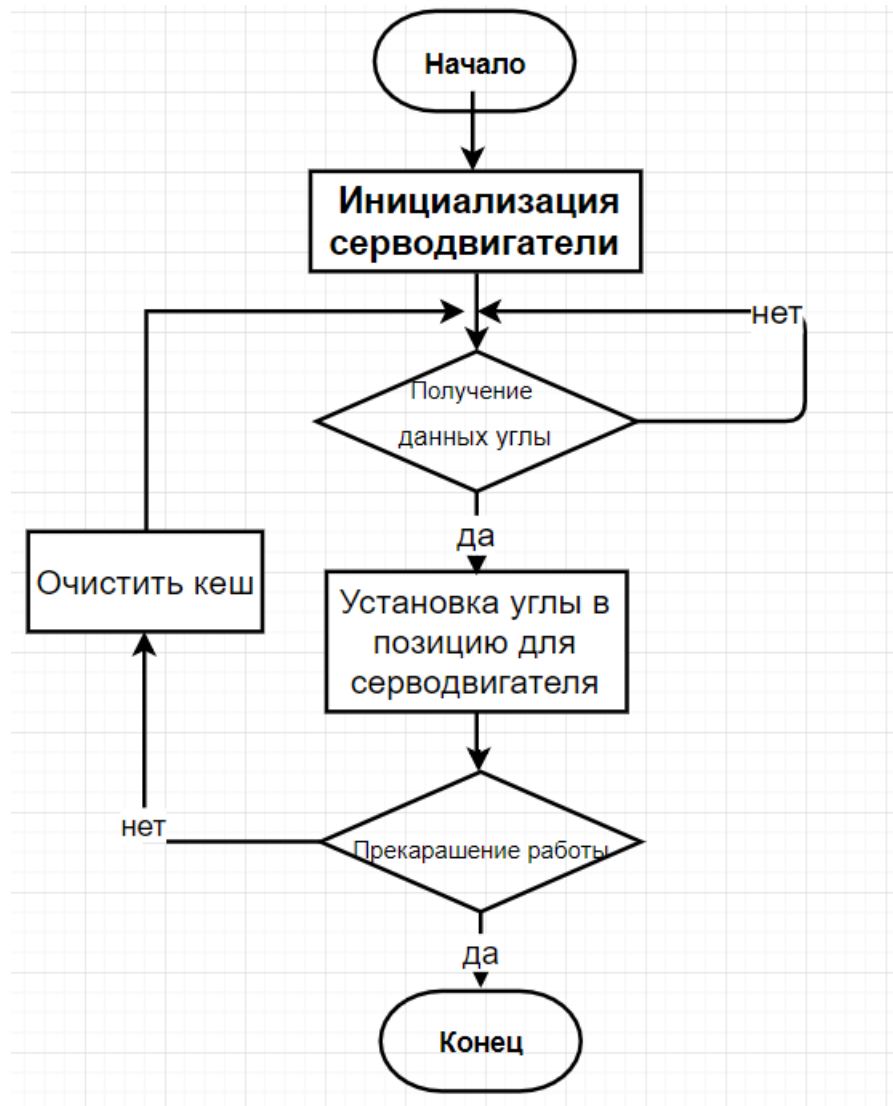


Рисунок 2.3.1 – Схема алгоритма для управления манипулятором

2.4 Описание программы

В настоящей работе используются две среды разработки:

- Visual Studio 2017 для получения информации от датчика Kinect и расчёта данных по этой информации;
- Arduino IDE для управления манипулятором по данным углов.

Программа в Visual Studio

Полный листинг программ, разработанный в процессе выполнения

работы, приведен в приложении А.

На первом этапе определяются номера, соответствующие нужному суставу. Фрагмент программы приведен на рисунке 2.4.1.

```
case 3: return "Head"; break; //头
case 20: return "SpineShoulder"; break; //锁骨部分

case 4: return "Left shoulder"; break; //左肩
case 5: return "Left elbow"; break; //左肘子
case 6: return "Left Wrist"; break; //左腕

case 8: return "Right shoulder"; break; //右肩
case 9: return "Right elbow"; break; //右肘子
case 10: return "Right Wrist"; break; //右腕

default: return "NULL";
```

Рисунок 2.4.1 – Фрагмент программы для определения номера, соответствующего нужному суставу

Программа для получения координаты приведена на рисунке 2.4.2.

```
int count = 0;
Joint aJoints[JointType::JointType_Count];
if (pBody->GetJoints(JointType::JointType_Count, aJoints) != S_OK)
{
    cerr << "Get joints fail" << endl;
}

for (int j = 0; j < JointType_Count; j++)
{
    string rt = get_name(aJoints[j].JointType);

    if (rt != "NULL")
    {
        count++;
        cout << " " << rt << " tracked" << endl;
        cout << "\n\t position: " << aJoints[j].Position.X << ", " << aJoints[j].Position.Y << ", " << aJoints[j].Position.Z << "\n\t ";
    }
}
```

Рисунок 2.4.2 – Программа для получения координаты

Первоначально определяется, имеется ли соединение с датчиком Kinect, и если соединение отсутствует, то появляется сообщение «не может получить данные суставов».

Если соединение присутствует, то появляется возможность просмотреть номер активного сустава и значения его координат (X, Y, Z).

Программа расчёта углов между двумя смежными векторами остовов

приведена на рисунке 2.4.3.

```
x1 = aJoints[4].Position.X - aJoints[5].Position.X;
y1 = aJoints[4].Position.Y - aJoints[5].Position.Y;
z1 = aJoints[4].Position.Z - aJoints[5].Position.Z;

x2 = aJoints[6].Position.X - aJoints[5].Position.X;
y2 = aJoints[6].Position.Y - aJoints[5].Position.Y;
z2 = aJoints[6].Position.Z - aJoints[5].Position.Z;

pos0 = (acos((x1*x2 + y1 * y2 + z1 * z2) / pow((x1*x1 + y1 * y1 + z1 * z1)
*(x2*x2 + y2 * y2 + z2 * z2), 0.5)))*180/M_PI;
```

Рисунок 2.4.3 – Программа расчёта углов между двумя смежными векторами остовов

Программа, приведённая на рисунке 2.4.3, является универсальной и используется для расчета всех углов.

Программа упаковки данных приведена на рисунке 2.4.4.

```
ifstream infile("body.txt");
infile.clear();

ofstream outfile;
outfile.open("body.txt");
outfile << pos0 << "," << pos1 << "," << pos2 << "," << pos3 << "," << pos4 << "," << "\r\n";
outfile.close();
```

Рисунок 2.4.4 – Программа упаковки данных

Текстовый файл с данными для управления серводвигателями формируется каждый цикл. Для этого в каждом цикле выполняется его инициализация, затем с определённым синтаксисом сохраняются пять текущих углов, и файл закрывается.

Программа в Arduino IDE

Полный листинг программ, разработанный в процессе выполнения работы, приведен в приложении Б.

Данные об углах с определённым синтаксисом (разделенные запятыми), сохраняются в файле body.txt и по последовательной связи передаются в

Arduino (для передачи используется специальный класс serial). Полученные через последовательную связь упакованные в файл body.txt углы используются для управления серводвигателями.

Программа для установки выглядит следующим образом.

Настраивается соединение контроллера с источником (персональным компьютером) по последовательному каналу. Для этого используется специальная функция serial (см. рисунок 2.4.5).

```
void setup()
{
    for(byte i = 0; i < SERVO_NUM; i++) {
        myservo[i].attach(servo_pin[i]);
    }
    Serial.begin(9600);
}
```

Рисунок 2.4.5 – Программа для настройки соединения между контроллером и персональным компьютером

На рисунке 2.4.6. представлена программа, которая читает содержимое полученного файла, и передаёт искомые углы на управление сервоприводами.

```
for(int i = 0; i < 5; i++)
{
    if(i==4)
    {
        myservo[i+1].write(numdata[i]);
    }
    else
    {
        myservo[i].write(numdata[i]);
    }
}
```

Рисунок 2.4.6 – Программа считывания углов

На основании полученной информации организовано управление сервоприводами манипулятора, что позволяет ему повторять действия, выполняемые человеком.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведены исследования управления манипулятором на основании информации датчика Kinect. Для поиска контуров человека используется популярный алгоритм HOG (гистограмма направленных градиентов, англ. Histogram of Oriented Gradients) SVM-классификатор для объектов-гуманоидов, существующий в библиотеке алгоритмов OpenCV.

При выполнении ВКР разработана система управления манипулятором на основании информации датчика Kinect, решены следующие задачи:

- получены трехмерные координаты суставов верхних конечностей (плечо, локоть, запястье и глава);
- на основании координат суставов вычислены векторы остовов (плечевая кость, локтевая кость);
- рассчитаны углы между двумя соседними остовами;
- выполнена упаковка данных об углах и их передача в контроллер;
- организовано управление манипулятором на основании переданной информации.

В результате выполнения ВКР реализовано бесконтактное управление манипулятором через движение человеческого тела. Обратная связь в такой системе основана на визуальном контакте. Однако есть ряд вопросов, которые в бесконтактной системе управления практически не решить или решение будет чрезвычайно сложным, например, передача информации о силе, осязании, шуме и т.д.

CONCLUSION

As a result of the final qualifying work, manipulations of manipulator control were carried out on the basis of Kinect sensor information. To search for human contours, the popular HOG algorithm (Histogram of Oriented Gradients) is used. The SVM classifier for humanoid objects that exists in the OpenCV algorithm library.

When performing the final qualifying work, a manipulator control system was developed based on the Kinect sensor information, the following tasks were solved:

- obtained three-dimensional coordinates of the joints of the upper extremities (shoulder, elbow, wrist and head);
- Based on the coordinates of the joints, the core vectors (humerus, ulna) are calculated;
- calculated angles between two adjacent islands;
- Corner data was packed and transferred to the controller;
- The manipulator is controlled based on the information transmitted.

As a result of performing the final qualifying work, contactless control of the manipulator through the movement of the human body is realized. Feedback in such a system is based on visual contact. However, there are a number of issues that can hardly be solved in a contactless control system or the solution will be extremely difficult, for example, the transmission of information about strength, touch, noise, etc.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕЖЕНИЕ

Продукт:

Система управления манипулятором на основании информации датчика Kinect. (В этой системе реализовано непосредственное управление манипулятором с помощью движения человеческого тела.)

Целевой рынок:

Судостроение, машиностроение и помощь при стихийных бедствиях.








		<i>Размер системы управления манипулятором</i>		
		Крупные	Средние	Малые
<i>Потребители</i>	Судостроение			
	Машиностроение			
	Помощь при стихийных бедствиях			

Рисунок 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг по настройке

Обозначение кампания:

Fanuc (Япония)	
KUKA (Германия)	
ABB (Швейцария)	

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого

составлена оценочная карта (таб.4.1.1).

Таблица 4.1.1 – Оценивающая схема с целью сопоставления конкурентных технических заключений.

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
2.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3.Энергоэкономичность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
5. Безопасность	0,09	4	4	5	0,36	0,36	0,45
6. Качество интеллектуального интерфейса	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
7. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,4
2.							

В оценочной карте для сравнения конкурентных технических решений, обозначения Бф и Кф это компания Fanuc; Бк1 и Кк1 это компания KUKA; Бк2 и Кк2 это компания ABB.

Исходя из расчётов, сделанных выше, можно сделать вывод, что компания KUKA имеет высокий уровень конкурентоспособности.

4.2 SWOT-анализ

SWOT: S – сильная сторона, W – слабая сторона, О – возможность, Т –

угроза. Предоставляется возможность в комплексе проанализировать научно-исследовательскую деятельность. Анализ приведен в таблице 4.2.1

Таблица 4.2.1 – SWOT-анализ

	Сильная сторона: <ol style="list-style-type: none"> 1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей). 2. Функциональная мощность (предоставляемые возможности). 3. Конкурентоспособность продукта. 4. Высоко квалифицированный научный труд. 	Слабая сторона: <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие прототипа научной разработки. 2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. 3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания программного обеспечения.
Возможность: <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения продукт на рынок. 2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. 3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. 4. Повышение стоимости конкурентных разработок. 	<p>Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность системы управления манипулятором и ускорить выход на рынок. Так же использование развитой международной инфраструктуры поможет ускорить выход системы на рынок. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию высоко квалифицированного научного труда. Благодаря снижению таможенных пошлин возможно повышение конкурентоспособности.</p>	<p>Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, используемых для проведения научного исследования.</p>
Угроза: <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. 2. Развитая конкуренция производителей системы управления. 3. Ограничения манипулятора и kinect. 	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства может понизить квалификацию научного труда. Развитая конкуренция производителей системы управления может привести снижению конкурентоспособности продукта. Высокая стоимость манипулятора и kinect требует более высоко квалифицированный научный труд.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства и высокая стоимость манипулятора и kinect может привести к отсутствию прототипа научной разработки, отсутствию потенциальных потребителей, необходимого оборудования для проведения испытания программного обеспечения.</p>

4.3 Календарный план работ и оценка времени их выполнения

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителя. Таким образом, был оценен объем необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека - научный руководитель и инженер.

Таблица 4.3.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Ключевой этап	№	Содержание работ	Должность	Продолжительность, дни
Подготовка	1	Составление и утверждение технического задания	НР	1
	2	Календарное планирование работ по теме.	НР, инженер	1
	3	Выбор и изучение источников, технологий	инженер	7
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Установка роботизированный манипулятор	инженер	18
	5	Программу для управления манипулятора	инженер	49
	6	Отладка манипулятора	инженер	21
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов.	НР, инженер	3
	8	Определение целесообразности проведения ВКР.	НР, инженер	4
Оформление комплекта документации по ВКР	9	Составление пояснительной записки	инженер	35
	10	Проверка пояснительной записки.	НР, инженер	3

Таблица 4.3.2 – Календарь план-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь			февраль			март			апрель			май		
				10	20	30	10	20	28	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	Составление и утверждение технического задания	НР	1															
2	Календарное планирование работ по теме	НР, инженер	1															
3	Выбор и изучение источников, технологий	инженер	7															
4	Установка роботизированный манипулятор	инженер	18															
5	Программу для управления манипулятора	инженер	49															
6	Отладка манипулятора	инженер	21															
7	Оценка эффективности полученных результатов	НР, инженер	3															
8	Определение целесообразности проведения ВКР	НР, инженер	4															
9	Составление пояснительной записки	инженер	35															
10	Проверка пояснительной записки	НР, инженер	3															

 научный руководитель  инженер

4.4 Бюджет затрат на проектирование

Затраты на выполнения проекта ($K_{пр}$) складываются из следующих составляющих:

$$K_{пр} = K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{со} + K_{про} + K_{накл}$$

где $K_{мат}$ - материальные затраты на выполнение проекта;

$K_{ам}$ - амортизация компьютерной техники;

$K_{з/пл}$ - затраты на заработную плату;

$K_{со}$ - затраты на социальные нужды;

$K_{про}$ - прочие затраты;

$K_{накл}$ - накладные расходы.

4.4.1 Материальные затраты

В данном пункте рассчитывается стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Материалы необходимые для выполнения данной работы и расчет материальных затрат представлены в таб. 4.4.1.1

Таблица 4.4.1.1 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб	количество	Сумма, руб.
Блокнот	50	3	150
Бумага для принтера формата А4 (500 листов)	285	1	285
Ручка шариковая	30	6	180
Краска для принтера	990	1	990
Итого			1605

В сумме материальные затраты составили 1605 рублей.

4.4.2 Амортизация компьютерной техники

Рассчитаем амортизацию компьютерной техники $K_{ам}$:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}$$

где $T_{исп.кт}$ - время использования компьютерной техники;

$T_{кал}$ - календарное время (365 дней);

$C_{кт}$ - цена компьютерной техники;

$T_{сл}$ - срок службы компьютерной техники (5 лет).

Затраты и время работы компьютерной техники сведены в таб. 5.4.2.1

Таблица 4.4.2.1 – Стоимость и время работы компьютерного оборудования

Объект	Стоимость, руб.	Время использования, дней.
Компьютер	56000	108

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{108}{365} \cdot 56000 \cdot \frac{1}{5} = 3314 \text{ руб.}$$

Амортизация компьютерной техники составили 3314 *рублей*.

4.4.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата рассчитывается для инженера и научного руководителя:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{нр}$$

где $ЗП_{инж}$ - заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}$ - заработная плата научного руководителя.

Заработная плата за месяц:

$$ЗП_{мес} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2$$

где $ЗП_0$ - месячный оклад, руб.;

K_1 - коэффициент, учитывающий отпуск (10%);

κ_2 - районный коэффициент (30%).

Заработная плата инженера (10 разряд):

$$ЗП_{инж} = ЗП_0 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}$$

Заработная плата научного руководителя (15 разряд):

$$ЗП_{нр} = ЗП_0 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Рассчитаем заработную плату за количество отработанных дней по факту:

$$ЗП_{инж.ф} = \frac{ЗП_{инж}}{21} \cdot n = \frac{24310}{21} \cdot 141 = 163224 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{нр.ф} = \frac{ЗП_{нр}}{21} \cdot n = \frac{37609}{21} \cdot 12 = 21491 \text{ руб.}$$

где n- фактическое число дней работы в проекте.

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж.ф} + ЗП_{нр.ф} = 163224 + 21491 = 184715 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату составили 184715 *рублей*.

4.4.4 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные отчисления составляют 30% от $K_{з/пл}$ и равны:

$$K_{со} = K_{з/пл} \cdot 0,3 = 184715 \cdot 0,3 = 55415 \text{ руб.}$$

Затраты на социальные отчисления составили 55415 *рублей*.

4.4.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаем в размере 10% от суммы материальных и амортизационных затрат, затрат на заработную плату, а также затрат на социальные отчисления:

$$\begin{aligned} K_{про} &= (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{со}) \cdot 0,1 \\ &= (1605 + 3314 + 184715 + 55415) \cdot 0,1 = 24505 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Прочие затраты составили 24505 *рублей*.

4.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы принимаем в размере 200% от затрат на заработную плату $K_{з/пл}$:

$$K_{про} = K_{з/пл} \cdot 2 = 184715 \cdot 2 = 369430 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составили 369430 *рублей*.

Составим итоговую смету затрат на выполнения проекта:

Таблица 4.4.6.1 – Смета проекта

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1605
Амортизационные затраты	3314
Затраты на заработную плату	184715
Социальные отчисления	55415
Прочие затраты	24505
Накладные расходы	369430
Итого:	638984

4.5 Определение капиталовложений на материалы для реализации проекта

В таб. 5.5.1 представлено подробное описание расходов на материалы, необходимые для реализации проекта:

Таблица 4.5.1 - Расходы на материалы

Статьи расходов	Единица измерения	Цена, руб	Объем потребления	Итого, руб.
Серводвигатель	Шт.	750	6	4500
Набор отверток	Шт.	400	1	400
Рамка манипулятора	Шт.	1050	1	1050
Датчик kinect	Шт.	12000	1	12000
Адаптер для разработки	Шт.	650	1	650
Контроллер Arduino Uno	Шт.	800	1	800
Итого:				19400

4.6 Ресурсоэффективность

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент проекта;

b_i - балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.6.1 – Сравнительная оценка характеристик разрабатываемого

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
Способствует росту производительности труда пользователя	0.2	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.2	5
Безопасность	0.2	4
Надежность	0.15	3
Энергосбережение	0.1	4
Материалоемкость	0.15	4
Итого:	1	25

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,25$$

4.7 ВЫВОД

В данном разделе был рассмотрен перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию. А именно, был проведен:

- Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР).
- Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР.
- Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР.
- Составление бюджета инженерного проекта (ИП).
- Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР.

В предпроектном анализе была проведена сегментация рынка, в которой были выведены потребители, использующие данный продукт. Также были приведены конкуренты, которые делают схожий продукт. В дальнейшем был произведен SWOT-анализ, согласно которого были определены сильные и слабые стороны проекта.

В инициации проекта был разработан перечень этапов, работ и распределение исполнителей. Было выполнено определение трудоёмкости выполнения работ. На основе полученных данных ранее был составлен график проведения научного исследования и календарный план-график проведения научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по теме.

В планировании управления научно-техническим проектом были рассмотрены затраты по статьям:

- материальные затраты на выполнение проекта;
- амортизация компьютерной техники;
- затраты на заработную плату;
- затраты на социальные нужды;
- прочие затраты;
- накладные расходы.

В результате были сделаны соответствующие выводы:

- смета проекта составили 638984 *рублей*;
- капиталовложений на материалы для реализации проекта составили 19400 *рублей*;
- интегральный показатель ресурсоэффективности составили 4,25.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данной ВКР представлено исследование работы реального управления манипулятором, который состоит из датчика kincet, серводвигателей, контроллер Arduino Uno. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер с помощью которого производится управление и настройка технического оборудования.

социальная ответственность — ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Научно-исследовательская работа выполнялась в помещении, далее офис, находящемся на кафедре «Автоматики и компьютерных систем», десятого корпуса Томского Политехнического Университета, в аудитории 117а.

Площадь, приходящаяся на одно рабочее место пользователя ПК с ЭЛТ-монитором должна составлять не менее 6 м², с монитором на базе плоских дискретных экранов — 4,5 м², что позволяет расположить технические средства

на безопасном расстоянии до пользователя.

Для данной рабочей зоны необходимо проанализировать следующие факторы. К вредным факторам относятся: микроклимат, шум, электромагнитные поля, освещение.

К опасным факторам рабочей зоны относятся: опасность возникновения пожара и опасность поражения электрическим током.

Чрезвычайные ситуации характерные для данного объекта: пожар.

Вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются:

- Трудовым кодексом Российской Федерации,
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»,
- Инструкцией по охране труда при работе на ПК.

5.1 Производственная безопасность

Таблица 5.1.1 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по внедрению системы автоматизации водоснабжения котельной пос. Самусь, Томской области.

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) Нормативные		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Персональный компьютер; 2. датчик kinect 3. электрифицированным инструментом/	- Превышение уровня шума; - Электромагнитное излучение; - Отклонение показателей микроклимата. - Недостаточная освещенность	- Вращающиеся механизмы двигателя; - Напряжение прикосновения и токи;	1.СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 2.СН2.2.4/2.1.8.562-96 3.СанПиН2.2.4.548-96 4.ГОСТ Р 12.1.019 - 2009 ССБТ 5.СанПиН 2.2.4.1329- 03

5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

5.1.1.1 Отклонения показателей микроклимата

Существуют гигиенические требования СанПиН 2.2.4.548-96 [1] к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, периодов года. Санитарные нормы и правила предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Определим необходимые параметры микроклимата и воздушной 60 среды для помещения.

Работа на стенде относится к категории работ Ia [1], к которой относятся

работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 5.1.1.1.1:

Таблица 5.1.1.1.1– Оптимальные параметры микроклимата по СанПиН

2.2.4.548- 96

Сезон	Температура воздуха, t, °C	Температура поверхностей, t, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный (среднесуточная температура меньше 10°C)	22-24	21 - 25	60-40	0.1
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°C и выше)	23-25	22-26	60-40	0.1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: в теплое время года для удаления избыточного тепла и влаги используется кондиционер, в холодное время года вводится система центрального отопления.

5.1.1.2 Повышенный уровень шума

Шум – это совокупность различных звуков, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм.

Шум может привести к нарушениям слуха (в случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел(dB)), может являться фактором стресса и повысить систолическое кровяное давление.

Дополнительно, он может способствовать несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Для рассматриваемого помещения основными источниками шума являются персональные компьютеры, кондиционер и вытяжные вентиляторы на окнах.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [2].

Помещения, в которых для работы используются ПК не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения.

В помещениях, оборудованных ПК, которые являются основным источником шума при выполнении данных видов работ, уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [2].

5.1.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

При работе с персональным компьютером (ПК) человек подвергает воздействию ряда вредных факторов: электромагнитного и электростатического полей.

Электромагнитное излучение, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц, а также электрическую (Е) и магнитную (Н) составляющие.

Основным источником электромагнитных излучений от мониторов ПЭВМ (ПК) является трансформатор высокой частоты строчной развертки. На

сегодняшний день ЭЛТ-мониторы практически повсюду заменены на ЖК-мониторы, электромагнитное излучение от которых в разы меньше, чем от ЭЛТ-мониторов.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 [3] нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет $T=50/E-2$. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

Безопасные уровни излучений также регламентируются нормами Госкомсанэпиднадзора «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.4.1340-03) [4].

Мероприятия по снижению излучений включают:

- мероприятия по сертификации ПЭВМ (ПК) и аттестации рабочих мест;
- применение экранов и фильтров;
- организационно-технические мероприятия;
- применение средств индивидуальной защиты путем экранирования пользователя ПЭВМ (ПК) целиком или отдельных зон его тела;
- использование и применение профилактических напитков;
- использование иных технических средств защиты от патогенных излучений.

5.1.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, также, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок по СП 52.13330.2011 [5].

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность, действует на человека тонизирующие, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности и увеличивает производительность труда. Из-за постоянной занятости перед монитором возникает перенапряжение зрительное.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности по СП 52.13330.2011 [5] и отраслевым нормам, работа за ПК

относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений.

Расчет искусственного освещения

Задачей расчета является выполнение общего равномерного освещения помещения. Размеры помещения 15х8х4 м, высота рабочей поверхности $h_{rp} = 0,8$ м. Требуется создать освещенность $E = 300$ лк.

Световой поток лампы определяется по формуле (1):

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (1)$$

Коэффициент отражения стен $R_c = 50\%$, потолка $R_n = 70\%$.

где E_H – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-0595, лк;
 S – площадь освещаемого помещения, м²; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (табл. 5.1.1.4.1); Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{ср}/E_{min}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1; N – число ламп в помещении; η – коэффициент использования светового потока.

Таблица 5.1.1.4.1 Коэффициент запаса светильников с люминесцентными лампами

Характеристика объекта	Коэффициент запаса
Помещения с большим выделением пыли	2,0
Помещения со средним выделением пыли	1,8
Помещения с малым выделением пыли	1,5

Коэффициент запаса $K_3 = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения. Выбираем

светильники типа ОД, $\lambda = 1,4$.

Приняв $h_c = 0,5$ м; получаем $h=4-0,5-0,8=2,7$ м;

$L=1,4*2,7=3,78$ м; $L/3=1,26$ м

Находим индекс помещения:

$i=120/[2,7*(15+8)]=1,93$

Коэффициент использования светового потока: $\eta=0,61$.

Размещаем светильники в две ряда. В каждом ряду можно установить 12 светильников типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис. 5.1.1.4.1). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 48$.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 120 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{48 \cdot 0,61} = 2434,43 \text{ Лм.}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов, выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq (\Phi_{\text{ст}} - \Phi_{\text{расч}}) / \Phi_{\text{ст}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$-10\% \leq (2850 - 2434,43) / 2850 \cdot 100\% \leq 20\%$$

Получаем

$$-10\% \leq 14,58\% \leq 20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки
 $P=48*40=1920$ Вт.

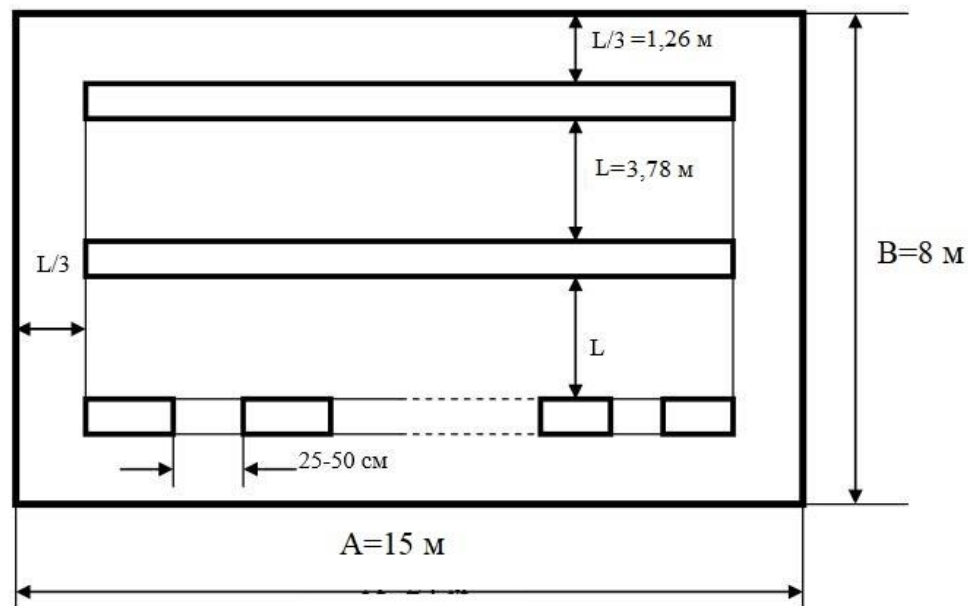


Рисунок 5.1.1.4.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

5.1.2.1 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [6].

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности [7], так как отсутствуют следующие факторы:

- сырость;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести [7]:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного

фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

5.1.2.2 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара [8]

Рабочее помещение, в котором производится работа по выполнению ВКР по пожарной и взрывной опасности относят к категории В [9].

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- 1) Помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

- 2) Каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о

пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами [9]:

- 1) Пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
- 2) Углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по техники безопасности.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 2.01.02-85.

Помещение и этаж оборудованы следующими средствами оповещения:

- световая индикация в коридорах этажа;
- звуковая индикация в виде громкоговорителя;
- пассивными датчиками задымленности.

5.2 Экологическая безопасность

Работа с ПК не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Исключением являются лишь случаи утилизации персонального компьютера и индукционного преобразователя как твердого отхода и как

следствие загрязнение почвы или выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа, образование тепла в случае пожара.

При завершении срока службы ПК, его можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [10], [11]. В соответствии с требованиями законодательства все образующиеся отходы в соответствии с их классами опасности передаются специализированным предприятиям для переработки, утилизации или захоронения.

Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах или в почве. Предельно допустимые

концентрации токсичных веществ в почве (ПДКп, мг/кг) должны быть соблюдены в соответствии с [12].

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном случае на объекте (офис) могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение ВКР, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае

замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Чтобы увеличить устойчивость офисного помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить офис и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из офиса, а также назначить ответственных за эти мероприятия. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре. В ходе осмотра офисного помещения были выявлены системы, сигнализирующие о наличие пожара или задымленности помещения и наличие огнетушителей.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из офисного помещения в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав

на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

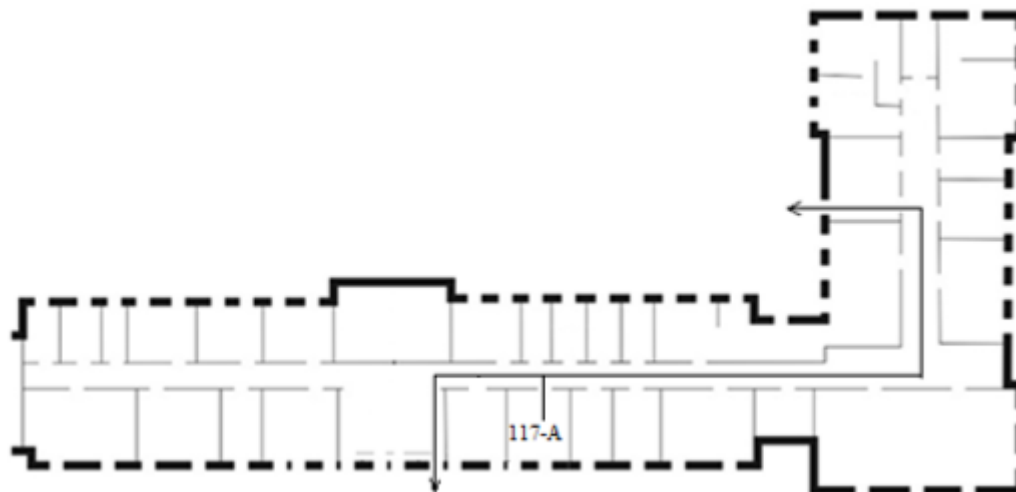


Рисунок 5.3.1 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №10, пр. Ленина, 2, 1-й этаж

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
2. Международный стандарт «Социальная ответственность организации. Требования». 2011. URL: <http://www.trud22.ru/partner/socotvrab/standart/> (дата обращения 11.03.2015)
3. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
4. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
5. ГОСТ 17.4.3.04-85. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».
6. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с
7. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
8. СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».
9. СанПиН 2.2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
10. ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативнотехнической документации

11. ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.99 М 96-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативнотехнической документации.

12. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. - 3-е изд., пере раб. И доп. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. - 178 с.

13. Kinect. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kinect> (дата обращения 17.02.2019)

14. Гистограмма направленных градиентов. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гистограмма_направленных_градиентов (дата обращения 14.02.2019)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Полная программа в Visual Studio

```
#include <iostream>
#include <opencv2/imgproc.hpp>
#include <opencv2/highgui.hpp>
#include <Kinect.h>
#include <fstream>
#include <math.h>
#include <Windows.h>
#define M_PI 3.14159265358979323846

using namespace std;
using namespace cv;

int main(void)
{

    const string get_name(int n);
    string strpos0;
    int pos0;
    int pos1;
    int pos2;
    int pos3;
    int pos4;

    //получение датчика
    IKinectSensor* pSensor = nullptr;
    GetDefaultKinectSensor(&pSensor);
    //открыт датчика
    pSensor->Open();

    //Получение данные о глубине
    IDepthFrameSource* pDepthSource = nullptr;
    pSensor->get_DepthFrameSource(&pDepthSource);

    int iDepthWidth = 0;
    int iDepthHeight = 0;
    IFrameDescription* pDepthDescription = nullptr;
    pDepthSource->get_FrameDescription(&pDepthDescription);
    pDepthDescription->get_Width(&iDepthWidth);
    pDepthDescription->get_Height(&iDepthHeight);
    //Открыт читатели глубины
    IDepthFrameReader* pDepthReader = nullptr;
    pDepthSource->OpenReader(&pDepthReader);
```



```

pDepthDescription->Release();
pDepthDescription = nullptr;

pDepthSource->Release();
pDepthSource = nullptr;

IBodyFrameSource* pBodySource = nullptr;
pSensor->get_BodyFrameSource(&pBodySource);

int iBodyCount = 0;
pBodySource->get_BodyCount(&iBodyCount);
IBody** aBody = new IBody*[iBodyCount];
for (int i = 0; i < iBodyCount; ++i)
    aBody[i] = nullptr;

IBodyFrameReader* pBodyReader = nullptr;
pBodySource->OpenReader(&pBodyReader);

pBodySource->Release();
pBodySource = nullptr;

Mat img16(iDepthHeight, iDepthWidth, CV_16UC1);
Mat img8(iDepthHeight, iDepthWidth, CV_8UC1);

while (1)
{

    IDepthFrame * pDepthFrame = nullptr;
    while (pDepthReader->AcquireLatestFrame(&pDepthFrame) != S_OK);
    pDepthFrame->CopyFrameDataToArray(iDepthWidth * iDepthHeight, (UINT16 *)img16.data);
    img16.convertTo(img8, CV_8UC1, 255.0 / 4500);
    imshow("Depth Img", img8);

    IBodyFrame* pBodyFrame = nullptr;
    while (pBodyReader->AcquireLatestFrame(&pBodyFrame) != S_OK);
    if (pBodyFrame->GetAndRefreshBodyData(iBodyCount, aBody) == S_OK)
    {
        int iTrackedBodyCount = 0;

        for (int i = 0; i < iBodyCount; ++i)
        {
            IBody* pBody = aBody[i];

            BOOLEAN bTracked = false;

```

```

if ((pBody->get_IsTracked(&bTracked) == S_OK) && bTracked)
{
    ++iTrackedBodyCount;
    cout << "User " << i << " is under tracking!" << endl;

    int count = 0;
    Joint aJoints[JointType::JointType_Count];
    if (pBody->GetJoints(JointType::JointType_Count, aJoints) != S_OK)
    {
        cerr << "Get joints fail" << endl;
    }

    for (int j = 0; j < JointType_Count; j++)
    {
        string rt = get_name(aJoints[j].JointType);

        if (rt != "NULL")
        {
            count++;
            cout << " " << rt << " tracked" << endl;
            cout << "\n\t position: " << aJoints[j].Position.X << ", " <<
aJoints[j].Position.Y << ", " << aJoints[j].Position.Z << "\n\t ";
            ofstream outfile;
            outfile.open("body.txt", ios::binary | ios::app | ios::in | ios::out);
        }
    }

    double x1;
    double x2;
    double y1;
    double y2;
    double z1;
    double z2;

    x1 = aJoints[4].Position.X - aJoints[5].Position.X;
    y1 = aJoints[4].Position.Y - aJoints[5].Position.Y;
    z1 = aJoints[4].Position.Z - aJoints[5].Position.Z;

    x2 = aJoints[6].Position.X - aJoints[5].Position.X;
    y2 = aJoints[6].Position.Y - aJoints[5].Position.Y;
    z2 = aJoints[6].Position.Z - aJoints[5].Position.Z;

    pos0 = (acos((x1*x2 + y1 * y2 + z1 * z2) / pow((x1*x1 + y1 * y1 + z1 * z1)*(x2*x2
+ y2 * y2 + z2 * z2), 0.5)))*180/M_PI;

```

```

double x3;
double x4;
double y3;
double y4;
double z3;
double z4;

x3 = aJoints[8].Position.X - aJoints[9].Position.X;
y3 = aJoints[8].Position.Y - aJoints[9].Position.Y;
z3 = aJoints[8].Position.Z - aJoints[9].Position.Z;

x4 = aJoints[10].Position.X - aJoints[9].Position.X;
y4 = aJoints[10].Position.Y - aJoints[9].Position.Y;
z4 = aJoints[10].Position.Z - aJoints[9].Position.Z;

pos1 = (acos((x3*x4 + y3 * y4 + z3 * z4) / pow((x3*x3 + y3 * y3 + z3 * z3)*(x4*x4
+ y4 * y4 + z4 * z4), 0.5))) * 180 / M_PI;

double x5;
double x6;
double y5;
double y6;
double z5;
double z6;

x5 = aJoints[5].Position.X - aJoints[4].Position.X;
y5 = aJoints[5].Position.Y - aJoints[4].Position.Y;
z5 = aJoints[5].Position.Z - aJoints[4].Position.Z;

x6 = aJoints[20].Position.X - aJoints[4].Position.X;
y6 = aJoints[20].Position.Y - aJoints[4].Position.Y;
z6 = aJoints[20].Position.Z - aJoints[4].Position.Z;

pos2 = (acos((x5*x6 + y5 * y6 + z5 * z6) / pow((x5*x5 + y5 * y5 + z5 * z5)*(x6*x6
+ y6 * y6 + z6 * z6), 0.5))) * 180 / M_PI;

double x7;
double x8;
double y7;
double y8;
double z7;
double z8;

x7 = aJoints[9].Position.X - aJoints[8].Position.X;
y7 = aJoints[9].Position.Y - aJoints[8].Position.Y;

```

```

z7 = aJoints[9].Position.Z - aJoints[8].Position.Z;

x8 = aJoints[20].Position.X - aJoints[8].Position.X;
y8 = aJoints[20].Position.Y - aJoints[8].Position.Y;
z8 = aJoints[20].Position.Z - aJoints[8].Position.Z;

pos3 = (acos((x5*x6 + y5 * y6 + z5 * z6) / pow((x5*x5 + y5 * y5 + z5 * z5)*(x6*x6
+ y6 * y6 + z6 * z6), 0.5))) * 180 / M_PI;

double x9;
double x10;
double y9;
double y10;
double z9;
double z10;

x9 = aJoints[3].Position.X - aJoints[20].Position.X;
y9 = aJoints[3].Position.Y - aJoints[20].Position.Y;
z9 = aJoints[3].Position.Z - aJoints[20].Position.Z;

x10 = aJoints[4].Position.X - aJoints[20].Position.X;
y10 = aJoints[4].Position.Y - aJoints[20].Position.Y;
z10 = aJoints[4].Position.Z - aJoints[20].Position.Z;

pos4 = (acos((x9*x10 + y9 * y10 + z9 * z10) / pow((x9*x9 + y9 * y9 + z9 *
z9)*(x10*x10 + y10 * y10 + z10 * z10), 0.5))) * 180 / M_PI;

pos0 = pos0 * 0.666 + 30; // *6.95 + 250;
pos1 = pos1*0.666 +30; // * 6.95+250;
pos2 = pos2 * 0.666 + 30;
pos3 = pos3 * 0.666 + 30;
pos4 = pos4 * 0.666 + 30;

strpos0 = to_string(pos0);

ifstream infile("body.txt");
infile.clear();

ofstream outfile;
outfile.open("body.txt");
outfile << pos0 << "," << pos1 << "," << pos2 << "," << pos3 << "," << pos4 <<
", " << "\r\n";

outfile.close();
}

```

```

    }

    if (iTrackedBodyCount > 0)
        cout << "\n Total " << iTrackedBodyCount << " bodies in this time\n" << endl;
    else
    {
        cerr << "Can't read body data" << endl;
    }
}

pDepthFrame->Release();
pBodyFrame->Release();

if (waitKey(30) == VK_ESCAPE)
    break;

Sleep(200);
}
delete[] aBody;

pDepthReader->Release();
pBodyReader->Release();

pSensor->Close();
pSensor->Release();
pSensor = nullptr;

return 0;
}

const string get_name(int n)
{
    switch (n)
    {
    case 3: return "Head"; break;
    case 20: return "Spineshoulder"; break;
    case 1: return "SpineMid"; break;

    case 4: return "Left shoulder"; break;
    case 5: return "Left elbow"; break;
    case 6: return "Left Wrist"; break;

    case 8: return "Right shoulder"; break;
    case 9: return "Right elbow"; break;
    }
}

```

```
case 10: return "Right Wris"; break;

default: return "NULL";
}
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Полная программа в Arduino IDE

```
#include <Servo.h>
#define SERVO_NUM 6
#define SERVO_SPEED 5
Servo myservo[SERVO_NUM];
int dataIndex = 0;
const byte servo_pin[SERVO_NUM] = { 10, A2, A3, A0, A1, 7 };
String comdata = "";
int numdata[5] = { 0 }, mark = 0;

void setup()
{
    for (byte i = 0; i < SERVO_NUM; i++) {
        myservo[i].attach(servo_pin[i]);
    }
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
    int j = 0;
    while (Serial.available() > 0)
    {
        comdata += char(Serial.read());
        delay(2);
        mark = 1;
    }
    if (mark == 1)
    {
        Serial.println(comdata);
        Serial.println(comdata.length());

        for (int i = 0; i < comdata.length(); i++)
        {
            if (comdata[i] == ',')
            {
                j++;
            }
            else
            {
                numdata[j] = numdata[j] * 10 + (comdata[i] - '0');
            }
        }
    }
}
```

```

    }
}
comdata = String("");

for (int i = 0; i < 5; i++)
{
    if (i == 4)
    {
        myservo[i + 1].write(numdata[i]);
    }
    else
    {
        myservo[i].write(numdata[i]);
    }
    numdata[i] = 0;
}
mark = 0;
}
}

```


ПРИЛОЖЕНИЕ В

Введение

Introduction

Раздел 1. Разработка алгоритма управления манипулятором на основании информации датчика Kinect

Section 1. Development of a manipulator control algorithm based on information from sensor Kinect

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гун Цзяи		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В. В.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Сидоренко Т. В.	к.п.н.		

Introduction

Currently, there is another wave of interest in robotics, various androids (human-like robots) and manipulators. Interest in androids is based on the idea of creating one's own kind and, although in practice it is very complex, it is focused on integrating artificial intelligence into the human social environment, it is very popular with many developers.

Manipulators, in contrast to androids, are various robotized devices, having the most varied shape and design, allowing to solve a wide range of tasks. In the modern world, manipulators are widely used in such areas as: military, aerospace, medicine, mechanical engineering, etc. They are gradually replaced by human labor when working in hazardous environments (zones), in finishing work, in large-scale processing and processing industries, in demining charges, in welding, etc. Manipulators, due to their characteristics and the absence of subjective factors (human), perform these works with a high level of security, provide high stability and repeatability of results, high quality of work.

With the growth of the possibilities and needs of the use of manipulators, ways of controlling them are developing. And this is a more complicated and time-consuming process. One way to control a manipulator is to directly control a manipulator without operator assistance. In this case, the manipulator copies the actions of someone, for example, a person. It is the questions of direct manipulator control that are considered in this paper.

The goal of the final qualifying work is to develop a direct manipulator control system based on the Kinect sensor information, in other words, the development of a

manipulator control algorithm based on the movement data of the human body.

Achieving this goal involves the following tasks:

- obtaining three-dimensional coordinates of the joints of the upper limb (shoulder, elbow, wrist and head) using the Kinect sensor;
- connecting coordinates to create a vector of the skeleton;
- calculation of angles conjugation of two adjacent vectors;
- data packaging and transmission to the controller to control the manipulator.

Development of a manipulator control algorithm based on information from sensor Kinect

The manipulator control algorithm based on the repetition of movements of the human body (contactless control) can be divided into 3 parts:

- obtaining the coordinates of the human body;
- calculation of the angles of the skeleton vector and its packaging;
- manipulator control based on information from sensor Kinect.

Obtaining the coordinates of the human body

The algorithm used to obtain the coordinates of the human body works as follows.

1. To search for the outline of a person in an image, it is necessary to obtain edge points or edge points. Edge points are those points where a sharp change in the depth of the image occurs. For example, point a is on the right, point c is on the left, point b is in the middle, these three points are adjacent, the depth of point a is 15, the depth of point b is 14 and the depth of point c is 28, from which it is concluded that point b is the edge point.
2. Connecting the found boundary points allows you to get some contour of image.
3. Analysis of the depth values of the images of these contours, makes it possible to recognize convex and concave contours.
4. After determining the outline of a person, it is divided into several parts in pixel directions, the centers of gravity of each part are selected and the coordinates of the joints are determined.

The scheme of the algorithm is shown in Figure 2.1.1.

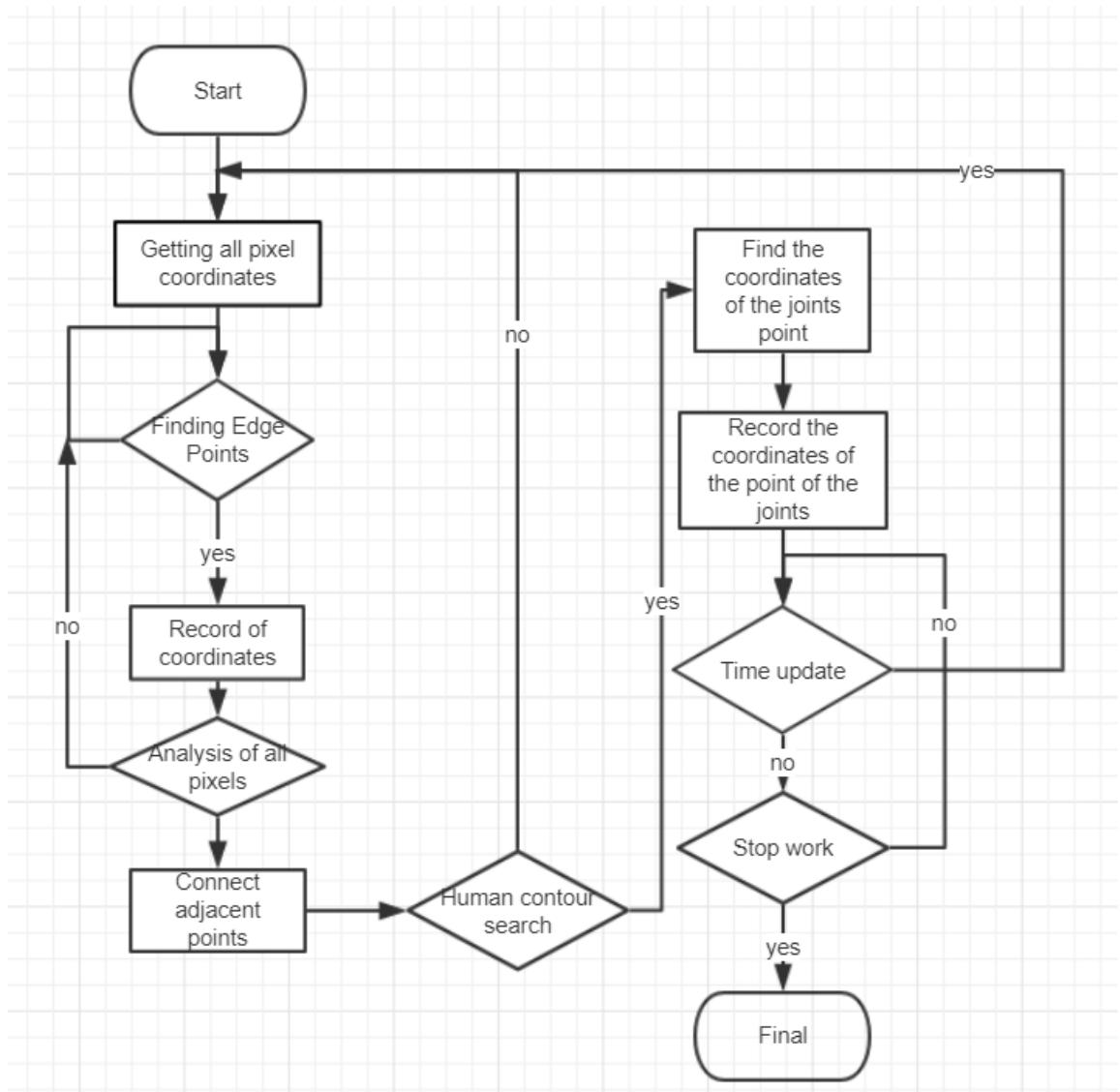


Figure 2.1.1 - Algorithm diagram for obtaining the coordinates of the joints of the human body

The algorithm always reaches the goal, but the results obtained can not always be used. This is due to the presence in the measurement results of noise, which can be commensurate with the useful signal. To solve the problem, the HOG algorithm from the OpenCV algorithm library is used.

The HOG algorithm (Histogram of Oriented Gradients) is an algorithm based

on the use of descriptors of special points used in computer vision and image processing in the recognition of objects. This technique is based on counting the number of gradient directions in local areas of the image. This method is similar to edge direction histograms, SIFT descriptors and form contexts, but differs in that it is computed on a dense grid of uniformly distributed cells and uses normalization of overlapped local contrast to increase accuracy.

The basic idea behind the HOG algorithm is the following assumption.

The appearance and shape of the object on the image can be described by the distribution of intensity gradients or the direction of the edges. Finding descriptors, in accordance with the algorithm, can be done by dividing the image into small connected regions, called cells, and calculating for each cell of the histogram gradient directions or edge directions for pixels inside the cell. The combination of these histograms is the descriptor. To increase accuracy, local histograms are normalized in contrast.

To do this, a larger fragment of the image, which is called a block, calculates a measure of intensity and the resulting value is used for normalization. Normalized descriptors have better invariance with respect to lighting.

Stages of the algorithm:

1. converting the image in grayscale;
2. gradient calculation;
3. grouping of directions;
4. normalization of blocks;
5. SVM-classifier.

In this paper, for humanoid objects, the SVM classifier used in the OpenCV

algorithm library is used.

Calculation of the angles of the skeleton vector and its packaging

The calculation of the angles of the skeleton vector and its packaging is performed as follows.

In the spatial (three-dimensional) rectangular coordinate system coordinates of the joints are plotted. Then these coordinates are connected in a certain order to get the core vectors (bones), by which the angle is measured.

The scheme of the algorithm is shown in Figure 2.2.1.

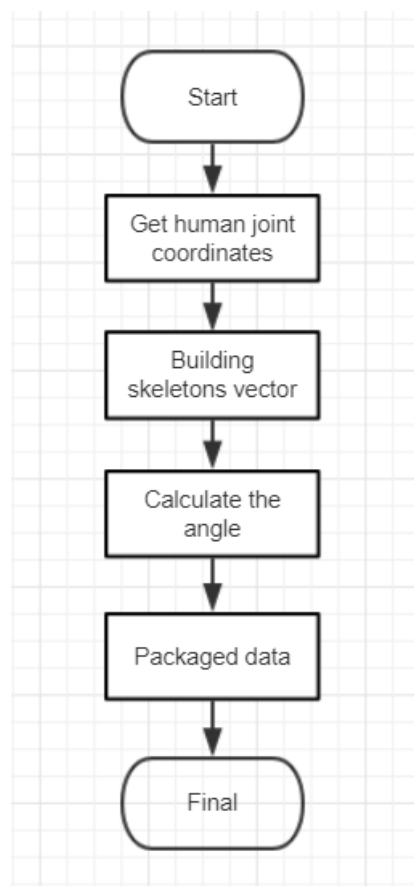


Figure 2.2.1 - The scheme of the algorithm for calculating the angles of the cores of the vector and its packaging

To control the manipulator, it is necessary to calculate in general five angles,

which, subsequently, will be worked out by the manipulator servomotors. The correspondence between the angles of the joints and the servomotors of the manipulator is shown in Figure 2.2.2.

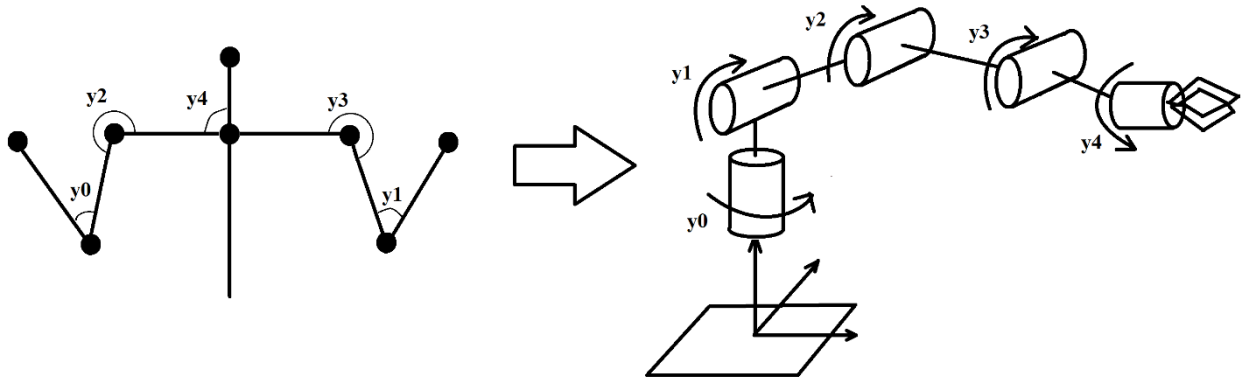


Figure 2.2.2 - Correspondence between the angles of the joints and manipulator servomotors

Angles y_0 , y_1 , y_2 and y_3 are designed to control the movement of the manipulator, and angle 4 is for gripping.

Calculation process

Previously, before starting the calculations, a spatial rectangular coordinate system is established in the positive direction of the Kinect sensor. The spatial rectangular coordinate system is shown in Figure 2.2.3.

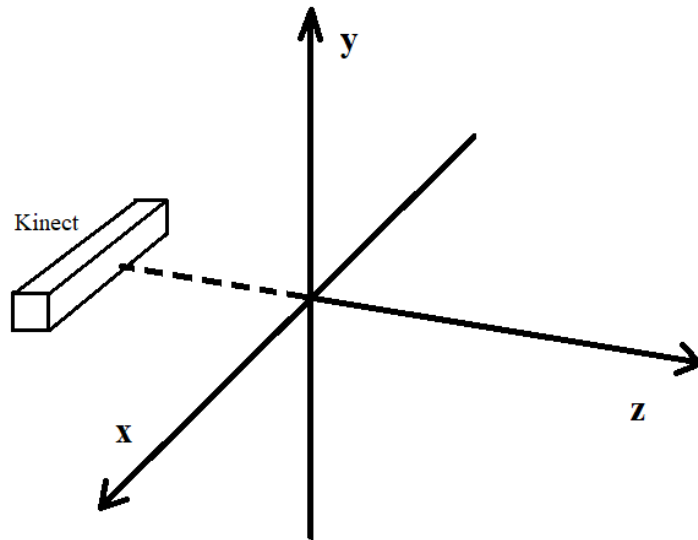


Figure 2.2.3 - Spatial rectangular coordinate system in the positive direction of the Kinect sensor

The coordinates of the joints create a vector of the skeleton. For example, by the coordinates of the left elbow A (x_1, y_1, z_1) and shoulder B (x_2, y_2, z_2) we can get the humerus vector \overrightarrow{AB} , the direction of the vector depends on the desired angle.

The formula for calculating the vector in two coordinates:

$$\overrightarrow{AB} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1) \quad (1)$$

To obtain the desired angle, it is necessary to establish two neighboring core vectors and obtain the angular ratio in the coordinate system. The process of calculating the angle of the right hand is shown in Figure 2.2.4 and Figure 2.2.5.

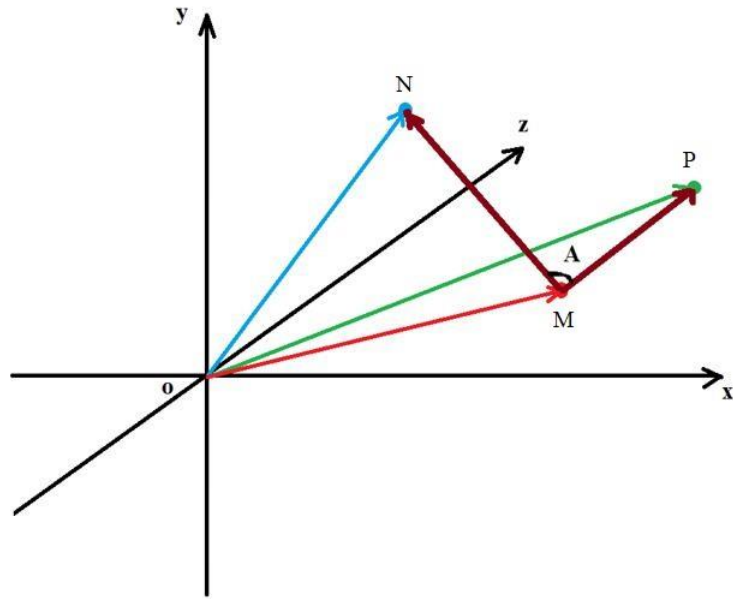


Figure 2.2.4 - Getting the core vector in the Kinect spatial coordinate system

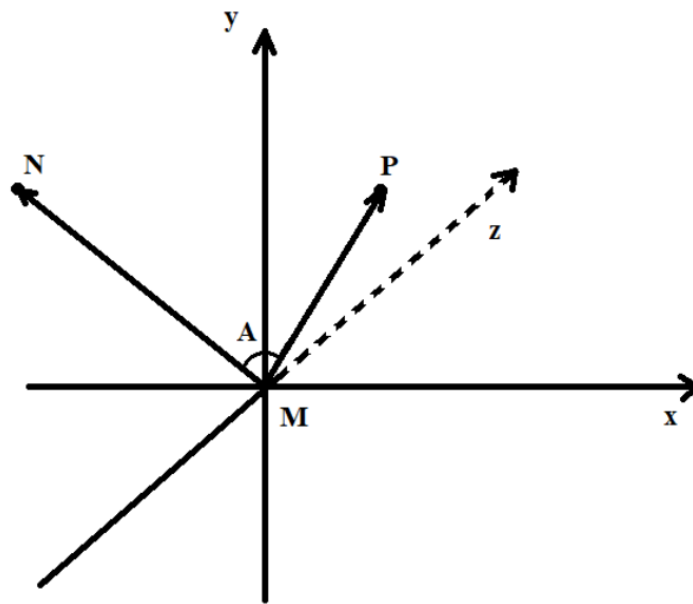


Figure 2.2.5 - Getting the core vector in the usual spatial coordinate system

In figure 2.2.5 the following notation is introduced:

N - coordinates of the joint of the right shoulder;

M - coordinates of the joint of the right elbow;

P - the coordinates of the joint of the right wrist;

A is the desired angle of the right hand.

Thus, the vector MN is the humerus, MP is the ulna. Angle A - the angle of the bend of the right hand.

The process of calculating the angle of the right hand on the coordinates of the right shoulder N (x_n, y_n, z_n), right elbow M (x_m, y_m, z_m) and wrists P (x_p, y_p, z_p) is as follows:

$$\overrightarrow{MN} = (x_n - x_m, y_n - y_m, z_n - z_m) \quad (2)$$

$$\overrightarrow{MP} = (x_p - x_m, y_p - y_m, z_p - z_m) \quad (3)$$

The desired bend angle of the right-hand A $\langle \overrightarrow{MN}, \overrightarrow{MP} \rangle$ is calculated as follows:

$$\cos \langle \vec{A}, \vec{B} \rangle = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|} \quad (4)$$

$$A \langle \overrightarrow{MN}, \overrightarrow{MP} \rangle = \arccos\left(\frac{\overrightarrow{MN} \cdot \overrightarrow{MP}}{|\overrightarrow{MN}| \cdot |\overrightarrow{MP}|}\right) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{MN} \cdot \overrightarrow{MP} = & (x_n - x_m) \cdot (x_p - x_m) + (y_n - y_m) \cdot (y_p - y_m) + (z_n - z_m) \\ & \cdot (z_p - z_m) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} |\overrightarrow{MN}| \cdot |\overrightarrow{MP}| = & \sqrt{(x_n - x_m)^2 + (y_n - y_m)^2 + (z_n - z_m)^2} \\ & \cdot \sqrt{(x_p - x_m)^2 + (y_p - y_m)^2 + (z_p - z_m)^2} \end{aligned} \quad (7)$$

The process of moving the grip is associated with a change in tilt of the head. When calculating the angle of inclination, it is taken into account that the body does not move with the movement of the hand. In this regard, the approach to solving the problem and the mathematical method used to calculate the angle of movement of the grip differ from the previous one. In addition, two normal vectors n1 and n2 are introduced into the algorithm. Here we calculate the formula for the angle of a normal vector.

The method of obtaining the core vector in the spatial coordinate system of the Kinect sensor is similar to the method shown in Figure 2.2.4. Figure 2.2.6 shows the method for obtaining a skeleton in an ordinary spatial coordinate system.

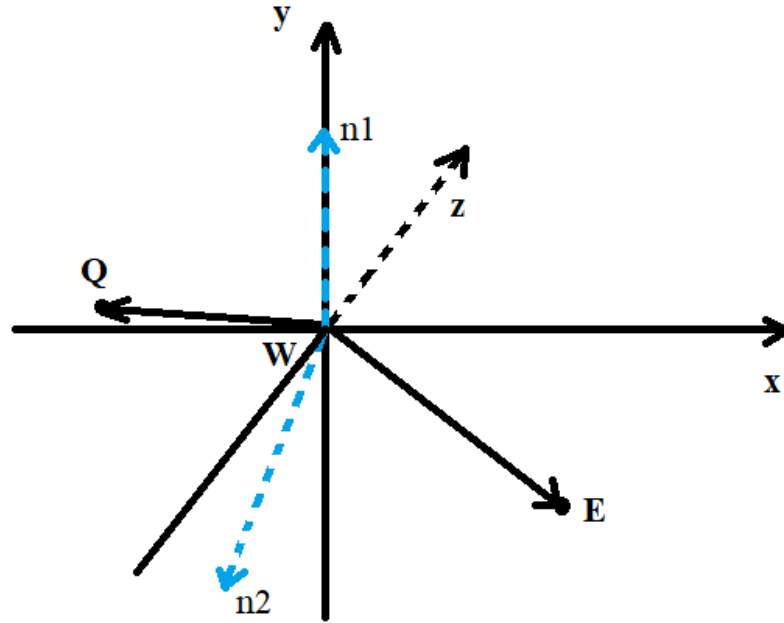


Figure 2.2.6 - Getting the core vector in the usual spatial coordinate system

In figure 2.2.6 the following notation is introduced:

Q - coordinates of the neck (head tilt);

E - coordinates of the joint of the right elbow;

W - coordinates of the joint of the right shoulder;

n1, n2 are normal vectors.

The process of calculating the angle of inclination of the head according to the coordinates of the neck Q (x_n, y_n, z_n), right shoulder W (x_m, y_m, z_m) and right elbow E (x_p, y_p, z_p) is as follows:

$$\overrightarrow{WQ} = (x_q - x_w, y_q - y_w, z_q - z_w); \quad (8)$$

$$\overrightarrow{WE} = (x_e - x_w, y_e - y_w, z_e - z_w). \quad (9)$$

For simplicity, we write down:

$$\overrightarrow{WQ} = (u1, u2, u3); \quad (10)$$

$$\overrightarrow{WE} = (v1, v2, v3). \quad (11)$$

For normal vectors we write:

$$\overrightarrow{n1} = (0, 1, 0) \quad (12)$$

$$\overrightarrow{n2} = \overrightarrow{WQ} \times \overrightarrow{WE} = (u2v3 - u3v2, u3v1 - u1v3, u1v2 - u2v1) \quad (13)$$

According to the formula (4) we calculate the desired angle of the head $\langle \overrightarrow{n1}, \overrightarrow{n2} \rangle$:

$$\langle \overrightarrow{n1}, \overrightarrow{n2} \rangle = \arccos\left(\frac{\overrightarrow{n1} \cdot \overrightarrow{n2}}{|\overrightarrow{n1}| \cdot |\overrightarrow{n2}|}\right) \quad (14)$$

Each of the five corners are packed in a group and then placed in a text format.

The result of the packaging is shown in Figure 2.2.7.

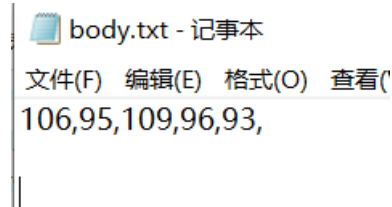


Figure 2.2.7 - Packed group of corners in text format

Control of the manipulator according to the angles

The data on corners with a specific syntax (separated by commas) is stored in the file body.txt and transmitted via serial communication to Arduino (a special class class is used for transmission). The corners obtained through the serial link are packed into the body.txt file and are used to control the servomotors.

The scheme of the algorithm is shown in Figure 2.3.1.

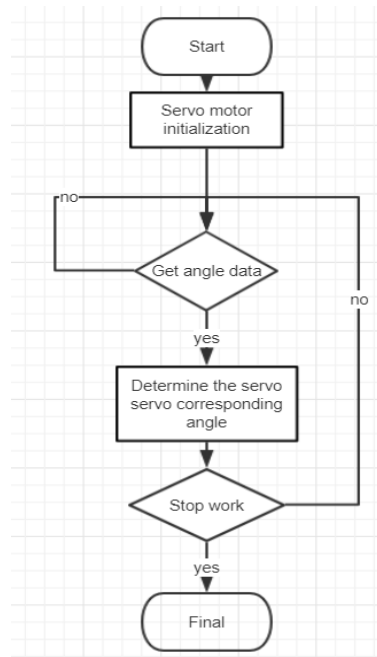


Figure 2.3.1 - Algorithm diagram for manipulating a manipulator